



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110426215 A

(43)申请公布日 2019.11.08

(21)申请号 201910641509.7

(22)申请日 2019.07.16

(71)申请人 驭势(上海)汽车科技有限公司  
地址 201822 上海市嘉定区城北路1818弄2号

(72)发明人 孙志坚 杨子恒 雷刚 朱航  
阚明遥

(74)专利代理机构 北京开阳星知识产权代理有限公司 11710

代理人 郭鑫

(51)Int.Cl.

G01M 17/007(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/024(2006.01)

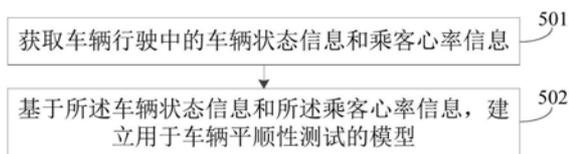
权利要求书1页 说明书13页 附图4页

(54)发明名称

一种用于车辆平顺性测试的模型建立方法及智能驾驶系统

(57)摘要

本公开实施例涉及一种用于车辆平顺性测试的模型建立方法、智能驾驶系统、电子设备和非暂态计算机可读存储介质,其中,方法包括:获取车辆行驶中的车辆状态信息和乘客心率信息;基于车辆状态信息和乘客心率信息,建立用于车辆平顺性测试的模型。本公开实施例中,通过获取车辆状态信息和乘客心率信息,建立用于车辆平顺性测试的模型,为智能驾驶车辆平顺性测试提供理论依据。



1. 一种用于车辆平顺性测试的模型建立方法,其特征在于,包括:  
获取车辆行驶中的车辆状态信息和乘客心率信息;  
基于所述车辆状态信息和所述乘客心率信息,建立用于车辆平顺性测试的模型。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述车辆状态信息为车辆不同行驶工况下的加速度变化率。
3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述车辆不同行驶工况包括以下至少两个或两个以上的组合:加速、减速、匀速、倒车、大角度转弯、小角度转弯、不同车速。
4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述加速度变化率基于车辆三自由度运动方向的加速度变化率得到。
5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,基于所述车辆状态信息和所述乘客心率信息,建立用于车辆平顺性测试的模型,包括:  
基于所述车辆状态信息,同步采样所述乘客心率信息,得到训练集;  
基于所述训练集,建立用于车辆平顺性测试的模型,所述模型的输入为车辆状态值,输出为乘客心率值。
6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,基于所述训练集,建立用于车辆平顺性测试的模型,包括:  
基于所述训练集,训练神经网络或多项式回归模型,得到用于车辆平顺性测试的模型。
7. 一种智能驾驶系统,其特征在于,所述智能驾驶系统包括如权利要求1至6任一项所述方法建立的用于车辆平顺性测试的模型。
8. 根据权利要求7所述的智能驾驶系统,其特征在于,所述智能驾驶系统被配置为:  
基于心率阈值,通过所述用于车辆平顺性测试的模型,得到车辆状态阈值。
9. 根据权利要求8所述的智能驾驶系统,其特征在于,所述智能驾驶系统被配置为:  
基于所述车辆状态阈值,进行决策规划。
10. 根据权利要求9所述的智能驾驶系统,其特征在于,所述车辆状态阈值包括:最小值和最大值。
11. 一种电子设备,其特征在于,包括:处理器和存储器;  
所述处理器通过调用所述存储器存储的程序或指令,用于执行如权利要求1至6任一项所述方法的步骤。
12. 一种非暂态计算机可读存储介质,其特征在于,所述非暂态计算机可读存储介质存储程序或指令,所述程序或指令使计算机执行如权利要求1至6任一项所述方法的步骤。

## 一种用于车辆平顺性测试的模型建立方法及智能驾驶系统

### 技术领域

[0001] 本公开实施例涉及智能驾驶技术领域,具体涉及一种用于车辆平顺性测试的模型建立方法、智能驾驶系统、电子设备和非暂态计算机可读存储介质。

### 背景技术

[0002] 随着车辆技术和人工智能的发展,智能驾驶车辆逐渐成为研究热点。现阶段智能驾驶技术已应用于自动泊车、自动避障等特定的工作场景。在现有研究中,特别是在车辆平顺性测试中,还没有系统的理论,导致智能驾驶车辆的用户良好体验感得不到保证,因此亟需研究智能驾驶车辆的平顺性。

[0003] 传统有人驾驶车辆的平顺性研究主要是针对车辆量产时的平顺性指标进行测试,测试的主要对象是车体本身,对驾驶员没有技术要求,因此乘车的平顺性基本体现在驾驶员的技术上。虽然针对智能驾驶车辆的车体本身进行平顺性测试与传统有人驾驶车辆的平顺性测试相同,但是不同于传统有人驾驶车辆的平顺性测试对驾驶员没有技术要求,由于智能驾驶车辆的驾驶员是智能驾驶系统,因此,必须对虚拟驾驶员“智能驾驶系统”的驾驶技术进行相应的测试,使得自动控制系统平顺性得到保障,从而给乘客带来良好的用户体验,可见传统有人驾驶车辆的平顺性测试不能满足智能驾驶车辆的平顺性测试。

[0004] 传统有人驾驶车辆的平顺性测试方法不完全相同,主要是由于目前没有统一的平顺性定义,不同车企对平顺性定义不同,测试评价体系也不同,各种测试评价体系之间不能进行严格的对比。并且传统有人驾驶车辆平顺性的用户体验直观体现在驾驶员的技术上,作为替代驾驶员的智能驾驶系统,亟需提供一种用于车辆平顺性测试的模型确定方案。

[0005] 上述对问题的发现过程的描述,仅用于辅助理解本发明的技术方案,并不代表承认上述内容是现有技术。

### 发明内容

[0006] 为了解决现有技术存在的至少一个问题,本发明的至少一个实施例提供了一种用于车辆平顺性测试的模型建立方法、智能驾驶系统、电子设备和非暂态计算机可读存储介质。

[0007] 第一方面,本公开实施例提出一种用于车辆平顺性测试的模型建立方法,所述方法包括:

[0008] 获取车辆行驶中的车辆状态信息和乘客心率信息;

[0009] 基于所述车辆状态信息和所述乘客心率信息,建立用于车辆平顺性测试的模型。

[0010] 第二方面,本公开实施例还提出一种智能驾驶系统,包括如第一方面所述方法建立的用于车辆平顺性测试的模型。

[0011] 第三方面,本公开实施例还提出一种电子设备,包括:处理器和存储器;所述处理器通过调用所述存储器存储的程序或指令,用于执行如第一方面所述方法的步骤。

[0012] 第四方面,本公开实施例还提出一种非暂态计算机可读存储介质,所述非暂态计

计算机可读存储介质存储程序或指令,所述程序或指令使计算机执行如第一方面所述方法的步骤。

[0013] 可见,本公开实施例的至少一个实施例中,通过获取车辆状态信息和乘客心率信息,建立用于车辆平顺性测试的模型,为智能驾驶车辆平顺性测试提供理论依据。

### 附图说明

[0014] 为了更清楚地说明本公开实施例的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0015] 图1是本公开实施例提供的一种智能驾驶车辆的整体架构图;

[0016] 图2是本公开实施例提供的一种智能驾驶系统的框图;

[0017] 图3是本公开实施例提供的一种模型建立模块的框图;

[0018] 图4是本公开实施例提供的一种电子设备的框图;

[0019] 图5为本公开实施例提供的一种用于车辆平顺性测试的模型建立方法流程图;

[0020] 图6为本公开实施例提供的一种车辆三自由度运动方向的示意图;

[0021] 图7为本公开实施例提供的一种采用神经网络进行建模的训练过程损失值变化示意图;

[0022] 图8为本公开实施例提供的采用训练神经网络进行训练得到的加速度变化率以及乘客心率值之间的关系模型。

### 具体实施方式

[0023] 为了能够更清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点,下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本发明,而非对本发明的限定。基于所描述的本发明的实施例,本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0024] 需要说明的是,在本文中,诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。

[0025] 针对现有技术中车辆平顺性测试没有系统的理论、对智能驾驶系统没有要求、不同车企对平顺性定义不同、测试评价体系不同而无法互相对比等问题,本公开实施例提供一种用于车辆平顺性测试的模型建立方案,为智能驾驶车辆平顺性测试提供理论依据。

[0026] 本公开实施例提供的用于车辆平顺性测试的模型建立方案,可应用于智能驾驶车辆,也可应用于智能驾驶车辆之外的任意电子设备中。

[0027] 图1为本公开实施例提供的一种智能驾驶车辆的整体架构图,如图1所示,智能驾驶车辆包括:传感器组、智能驾驶系统100、车辆底层执行系统以及其他可用于驱动车辆和控制车辆运行的部件。

[0028] 传感器组,用于采集车辆外界环境的数据和探测车辆的位置数据。传感器组包括但不限于摄像头、激光雷达、毫米波雷达、GPS(Global Positioning System,全球定位

系统)和IMU(Inertial Measurement Unit,惯性测量单元)中的至少一个。

[0029] 在一些实施例中,传感器组,还用于采集车辆的动力学数据,传感器组例如还包括但不限于车轮转速传感器、速度传感器、加速度传感器、方向盘转角传感器、前轮转角传感器中的至少一个。

[0030] 智能驾驶系统100,用于获取传感器组的数据,传感器组中所有传感器在智能驾驶车辆行驶过程中都以较高的频率传送数据。智能驾驶系统100,还用于与云端服务器无线通信,交互各种信息。

[0031] 智能驾驶系统100,还用于基于传感器组的数据进行环境感知和车辆定位,并基于环境感知信息和车辆定位信息进行路径规划和决策,以及基于规划的路径生成车辆控制指令,从而控制车辆按照规划路径行驶。

[0032] 在一些实施例中,智能驾驶系统100,还用于获取车辆行驶中的车辆状态信息和乘客心率信息;基于车辆状态信息和乘客心率信息,建立用于车辆平顺性测试的模型。

[0033] 在一些实施例中,智能驾驶系统100可以为软件系统、硬件系统或者软硬件结合的系统。例如,智能驾驶系统100是运行在操作系统上的软件系统,车载硬件系统是支持操作系统运行的硬件系统。

[0034] 车辆底层执行系统,用于接收车辆控制指令,实现对车辆行驶的控制。在一些实施例中,车辆底层执行系统包括但不限于:转向系统、制动系统和驱动系统。转向系统、制动系统和驱动系统属于车辆领域成熟系统,在此不再赘述。

[0035] 在一些实施例中,智能驾驶车辆还可包括图1中未示出的车辆CAN总线,车辆CAN总线连接车辆底层执行系统。智能驾驶系统100与车辆底层执行系统之间的信息交互通过车辆CAN总线进行传递。

[0036] 在一些实施例中,智能驾驶车辆既可以通过驾驶员又可以通过智能驾驶系统100控制车辆行驶。在人工驾驶模式下,驾驶员通过操作控制车辆行驶的装置驾驶车辆,控制车辆行驶的装置例如包括但不限于制动踏板、方向盘和油门踏板等。控制车辆行驶的装置可直接操作车辆底层执行系统控制车辆行驶。

[0037] 在一些实施例中,智能驾驶车辆也可以为无人车,车辆的驾驶控制由智能驾驶系统100来执行。

[0038] 图2为本公开实施例提供的一种智能驾驶系统200的框图。在一些实施例中,智能驾驶系统200可以实现为图1中的智能驾驶系统100或者智能驾驶系统100的一部分,用于控制车辆行驶。

[0039] 如图2所示,智能驾驶系统可划分为多个模块,例如包括但不限于:感知模块201、规划模块202、控制模块203、模型建立模块204以及其他一些可用于智能驾驶的模块。

[0040] 感知模块201用于进行环境感知与定位。

[0041] 在一些实施例中,感知模块201用于获取的传感器数据、V2X(Vehicle to X,车用无线通信)数据、高精度地图等数据。

[0042] 在一些实施例中,感知模块201用于基于获取的传感器数据、V2X(Vehicle to X,车用无线通信)数据、高精度地图等数据中的至少一种,进行环境感知与定位。

[0043] 在一些实施例中,感知模块201用于生成感知定位信息,实现对障碍物感知、摄像头图像的可行驶区域识别以及车辆的定位等。

[0044] 环境感知 (Environmental Perception) 可以理解为对于环境的场景理解能力,例如障碍物的位置,道路标志/标记的检测,行人/车辆的检测等数据的语义分类。

[0045] 在一些实施例中,环境感知可采用融合摄像头、激光雷达、毫米波雷达等多种传感器的数据进行环境感知。

[0046] 定位 (Localization) 属于感知的一部分,是确定智能驾驶车辆相对于环境的位置的能力。

[0047] 定位可采用:GPS定位,GPS的定位精度在数十米到厘米级别,定位精度高;定位还可采用融合GPS和惯性导航系统 (Inertial Navigation System) 的定位方法。定位还可采用SLAM (Simultaneous Localization And Mapping,同步定位与地图构建),SLAM的目标即构建地图的同时使用该地图进行定位,SLAM通过利用已经观测到的环境特征确定当前车辆的位置以及当前观测特征的位置。

[0048] V2X是智能交通运输系统的关键技术,使得车与车、车与基站、基站与基站之间能够通信,从而获得实时路况、道路信息、行人信息等一系列交通信息,提高智能驾驶安全性、减少拥堵、提高交通效率、提供车载娱乐信息等。

[0049] 高精度地图是智能驾驶领域中使用的地理地图,与传统地图相比,不同之处在于:1) 高精度地图包括大量的驾驶辅助信息,例如依托道路网的精确三维表征:包括交叉路口局和路标位置等;2) 高精地图还包括大量的语义信息,例如报告交通灯上不同颜色的含义,又例如指示道路的速度限制,以及左转车道开始的位置;3) 高精度地图能达到厘米级的精度,确保智能驾驶车辆的安全行驶。

[0050] 规划模块202用于基于感知定位模块生成的感知定位信息,进行路径规划和决策。

[0051] 在一些实施例中,规划模块202用于基于感知定位模块生成的感知定位信息,并结合V2X数据、高精度地图等数据中的至少一种,进行路径规划和决策。

[0052] 在一些实施例中,规划模块202用于规划路径、决策:行为(例如包括但不限于跟车、超车、停车、绕行等)、车辆航向、车辆速度、车辆的期望加速度、期望的方向盘转角等,生成规划决策信息。

[0053] 控制模块203用于基于规划模块生成的规划决策信息,进行路径跟踪和轨迹跟踪。

[0054] 在一些实施例中,控制模块203用于生成车辆底层执行系统的控制指令,并下发控制指令,以使车辆底层执行系统控制车辆按照期望路径行驶,例如通过控制方向盘、刹车以及油门对车辆进行横向和纵向控制。

[0055] 在一些实施例中,控制模块203还用于基于路径跟踪算法计算前轮转角。

[0056] 在一些实施例中,路径跟踪过程中的期望路径曲线与时间参数无关,跟踪控制时,可以假设智能驾驶车辆以当前速度匀速前进,以一定的代价规则使行驶路径趋近于期望路径;而轨迹跟踪时,期望路径曲线与时间和空间均相关,并要求智能驾驶车辆在规定的时间内到达某一预设好的参考路径点。

[0057] 路径跟踪不同于轨迹跟踪,不受制于时间约束,只需要在一定误差范围内跟踪期望路径。

[0058] 模型建立模块204用于建立车辆平顺性测试的模型。在一些实施例中,模型建立模块204还用于获取车辆行驶中的车辆状态信息和乘客心率信息。在一些实施例中,模型建立模块204基于车辆状态信息和乘客心率信息,建立用于车辆平顺性测试的模型。

[0059] 在一些实施例中,模型建立模块204的功能可集成到感知模块201、规划模块202或控制模块203中,也可配置为与智能驾驶系统200相独立的模块,模型建立模块204可以为软件模块、硬件模块或者软硬件结合的模块。例如,模型建立模块204是运行在操作系统上的软件模块,车载硬件系统是支持操作系统运行的硬件系统。

[0060] 图3为本公开实施例提供的一种模型建立模块300的框图。在一些实施例中,模型建立模块300可以实现为图2中的模型建立模块204或者模型建立模块204的一部分。在一些实施例中,模型建立模块300可实现为电子设备中的一个模块。

[0061] 如图3所示,模型建立模块300可包括但不限于以下单元:获取单元301和建立单元302。

[0062] 获取单元301用于获取车辆行驶中的车辆状态信息和乘客心率信息。

[0063] 考虑到车辆平顺性测试的目的在于提高用户的体验,因此,本实施例将乘客心率信息作为车辆平顺性测试的因素。通过乘客心率信息间接反映车辆的平顺性。

[0064] 为了获取车辆行驶中的乘客心率信息,首先需要在测试用地中停放智能驾驶车辆,然后将至少一个乘客安排在智能驾驶车辆上,之后输入目的地,以使智能驾驶系统规划行驶路径,并控制智能驾驶车辆行驶。

[0065] 在一些实施例中,乘客身上佩戴有心率传感器,用于采集车辆行驶中的乘客心率信息。

[0066] 在另一些实施例中,智能驾驶车辆上也可安装有心率传感器,通过预先指引乘客操作,使得心率传感器能够在智能驾驶车辆行驶过程中采集乘客心率信息。

[0067] 建立单元302用于基于车辆状态信息和乘客心率信息,建立用于车辆平顺性测试的模型。

[0068] 在获取乘客心率信息的基础上,建立单元302结合车辆行驶中的车辆状态信息,可建立用于车辆平顺性测试的模型,进而为智能驾驶车辆平顺性测试提供理论依据。

[0069] 车辆行驶中的车辆状态信息可理解为车辆不同行驶工况下的状态信息。由于车辆状态信息由多种,例如车辆速度、车辆加速度、加速度变化率等等,因此,可以定义任一车辆状态信息为用于车辆平顺性测试的指标。

[0070] 另外,由于用于车辆平顺性测试的模式基于车辆状态信息和乘客心率信息进行建立,因此,定义的用于车辆平顺性测试的指标与乘客心率信息相关,即使不同车企对平顺性定义不同,测试评价体系不同,也会因为乘客心率信息而产生关联,具有可比性。

[0071] 另外,由于车辆状态信息为车辆不同行驶工况下的状态信息,智能驾驶系统控制智能驾驶车辆在不同行驶工况下行驶,可得到不同行驶工况下的乘客心率信息。

[0072] 在一些实施例中,车辆不同行驶工况包括以下至少两个或两个以上的组合:加速、减速、匀速、倒车、大角度转弯、小角度转弯、不同车速。车辆不同行驶工况举例说明如下:

[0073] 多个车速样本下平稳行驶、多个车速样本下向前行驶中急停、多个车速样本下倒车行驶中急停、多个车速样本下向前行驶中平顺刹车、多个车速样本下倒车行驶中平顺刹车、多个车速样本下的向前行驶中大角度转弯、多个车速样本下向前行驶中小角度转弯、多个车速样本下倒车行驶中大角度转弯、多个车速样本下倒车行驶中小角度转弯。

[0074] 在一些实施例中,多个车速样本例如包括:(0,10km/h),(10km/h,20km/h),(20km/h,30km/h),(30km/h,40km/h),(40km/h,50km/h),(50km/h,60km/h)等。

[0075] 在一些实施例中,获取单元301通过获取不同行驶工况下的乘客心率信息和车辆状态信息,可建立乘客心率信息和车辆状态信息之间的二维数据库,进而建立单元302可基于二维数据库建立用于车辆平顺性测试的模型。

[0076] 在一些实施例中,车辆状态信息为车辆不同行驶工况下的加速度变化率。本实施例中,定义加速度变化率为用于车辆平顺性测试的指标。

[0077] 在一些实施例中,建立单元302基于车辆状态信息和乘客心率信息,建立用于车辆平顺性测试的模型,具体为:基于车辆状态信息,同步采样乘客心率信息,得到训练集;基于训练集,建立用于车辆平顺性测试的模型,所述模型的输入为车辆状态值,输出为乘客心率值。

[0078] 在一些实施例中,建立单元302同步采样可以是时间同步采样。例如,建立单元302基于加速度变化率的获取时刻,采样相同时刻的乘客心率值,得到同一时刻的加速度变化率与乘客心率值,作为训练样本。

[0079] 在定义加速度变化率为用于车辆平顺性测试的指标后,为了产生训练样本,设计有人驾驶车辆进行数据采集的场景,可以更加简洁、快速的产生样本数据。

[0080] 在一些实施例中,建立单元302基于训练集,建立用于车辆平顺性测试的模型,具体为:基于训练集,训练神经网络或多项式回归模型,得到用于车辆平顺性测试的模型。

[0081] 本实施例中,建立单元302通过机器学习的方法进行训练集的训练,可拟合得到加速度变化率与乘客心率值之间的数学关系,也即用于车辆平顺性测试的模型。

[0082] 在一些实施例中,模型建立模块300中各单元的划分仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如获取单元301和建立单元302可以实现为一个单元;获取单元301或建立单元302也可以划分为多个子单元。可以理解的是,各个单元或子单元能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能。

[0083] 图4是本公开实施例提供的一种电子设备的结构示意图。电子设备可以是车载设备;也可以是支持智能驾驶系统运行的车载设备;还可以是非车载设备,即智能驾驶车辆之外的任意电子设备。

[0084] 如图4所示,电子设备包括:至少一个处理器401、至少一个存储器402和至少一个通信接口403。电子设备中的各个组件通过总线系统404耦合在一起。通信接口403,用于与外部设备之间的信息传输。可理解,总线系统404用于实现这些组件之间的连接通信。总线系统404除包括数据总线之外,还包括电源总线、控制总线和状态信号总线。但为了清楚说明起见,在图4中将各种总线都标为总线系统404。

[0085] 可以理解,本实施例中的存储器402可以是易失性存储器或非易失性存储器,或可包括易失性和非易失性存储器两者。

[0086] 在一些实施方式中,存储器402存储了如下的元素,可执行单元或者数据结构,或者他们的子集,或者他们的扩展集:操作系统和应用程序。

[0087] 其中,操作系统,包含各种系统程序,例如框架层、核心库层、驱动层等,用于实现各种基础业务以及处理基于硬件的任务。应用程序,包含各种应用程序,例如媒体播放器(Media Player)、浏览器(Browser)等,用于实现各种应用业务。实现本公开实施例提供的

用于车辆平顺性测试的模型建立方法的程序可以包含在应用程序中。

[0088] 在本公开实施例中,处理器401通过调用存储器402存储的程序或指令,具体的,可以是应用程序中存储的程序或指令,处理器401用于执行本公开实施例提供的用于车辆平顺性测试的模型建立方法各实施例的步骤。

[0089] 本公开实施例提供的用于车辆平顺性测试的模型建立方法可以应用于处理器401中,或者由处理器401实现。处理器401可以是一种集成电路芯片,具有信号的处理能力。在实现过程中,上述方法的各步骤可以通过处理器401中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。上述的处理器401可以是通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

[0090] 本公开实施例提供的用于车辆平顺性测试的模型建立方法的步骤可以直接体现为硬件译码处理器执行完成,或者用译码处理器中的硬件及软件单元组合执行完成。软件单元可以位于随机存储器,闪存、只读存储器,可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器402,处理器401读取存储器402中的信息,结合其硬件完成方法的步骤。

[0091] 图5为本公开实施例提供的一种用于车辆平顺性测试的模型建立方法流程图。该方法的执行主体为如图4所示的电子设备。

[0092] 如图5所示,本实施例公开的用于车辆平顺性测试的模型建立方法可包括以下步骤501和502:

[0093] 501、获取车辆行驶中的车辆状态信息和乘客心率信息。

[0094] 502、基于所述车辆状态信息和所述乘客心率信息,建立用于车辆平顺性测试的模型。

[0095] 考虑到车辆平顺性测试的目的在于提高用户的体验,因此,本实施例将乘客心率信息作为车辆平顺性测试的因素。通过乘客心率信息间接反映车辆的平顺性。

[0096] 为了获取车辆行驶中的乘客心率信息,首先需要在测试用地中停放智能驾驶车辆,然后将至少一个乘客安排在智能驾驶车辆上,之后输入目的地,以使智能驾驶系统规划行驶路径,并控制智能驾驶车辆行驶。

[0097] 在一些实施例中,乘客身上佩戴有心率传感器,用于采集车辆行驶中的乘客心率信息。

[0098] 在另一些实施例中,智能驾驶车辆上也可安装有心率传感器,通过预先指引乘客操作,使得心率传感器能够在智能驾驶车辆行驶过程中采集乘客心率信息。

[0099] 电子设备可与心率传感器通信连接,获取乘客心率信息。

[0100] 在一些实施例中,电子设备为车载设备,且支持智能驾驶系统的运行,因此电子设备也可从智能驾驶系统获取车辆状态信息。

[0101] 在另一些实施例中,电子设备非车载设备或者电子设备为车载设备但不支持智能驾驶系统的运行,因此电子设备需要与支持智能驾驶系统运行的车载设备进行通信,以获取车辆状态信息。

[0102] 在获取乘客心率信息的基础上,结合车辆行驶中的车辆状态信息,可建立用于车辆平顺性测试的模型,进而为智能驾驶车辆平顺性测试提供理论依据。

[0103] 车辆行驶中的车辆状态信息可理解为车辆不同行驶工况下的状态信息。由于车辆状态信息由多种,例如车辆速度、车辆加速度、加速度变化率等等,因此,可以定义任一车辆状态信息为用于车辆平顺性测试的指标。

[0104] 另外,由于用于车辆平顺性测试的模式基于车辆状态信息和乘客心率信息进行建立,因此,定义的用于车辆平顺性测试的指标与乘客心率信息相关,即使不同车企对平顺性定义不同,测试评价体系不同,也会因为乘客心率信息而产生关联,具有可比性。

[0105] 另外,由于车辆状态信息为车辆不同行驶工况下的状态信息,智能驾驶系统控制智能驾驶车辆在不同行驶工况下行驶,可得到不同行驶工况下的乘客心率信息。

[0106] 在一些实施例中,车辆不同行驶工况包括以下至少两个或两个以上的组合:加速、减速、匀速、倒车、大角度转弯、小角度转弯、不同车速。车辆不同行驶工况举例说明如下:

[0107] 多个车速样本下平稳行驶、多个车速样本下向前行驶中急停、多个车速样本下倒车行驶中急停、多个车速样本下向前行驶中平顺刹车、多个车速样本下倒车行驶中平顺刹车、多个车速样本下的向前行驶中大角度转弯、多个车速样本下向前行驶中小角度转弯、多个车速样本下倒车行驶中大角度转弯、多个车速样本下倒车行驶中小角度转弯。

[0108] 在一些实施例中,多个车速样本例如包括:(0,10km/h),(10km/h,20km/h),(20km/h,30km/h),(30km/h,40km/h),(40km/h,50km/h),(50km/h,60km/h)等。

[0109] 通过获取不同行驶工况下的乘客心率信息和车辆状态信息,可建立乘客心率信息和车辆状态信息之间的二维数据库,进而基于二维数据库建立用于车辆平顺性测试的模型。

[0110] 可见,本公开实施例中,通过获取车辆状态信息和乘客心率信息,建立用于车辆平顺性测试的模型,为智能驾驶车辆平顺性测试提供理论依据。

[0111] 在一些实施例中,车辆状态信息为车辆不同行驶工况下的加速度变化率。本实施例中,定义加速度变化率为用于车辆平顺性测试的指标。

[0112] 加速度变化率基于车辆三自由度运动方向的加速度变化率得到。图6为车辆三自由度运动方向的示意图,图6中,x方向为车辆的横向方向,也即与车辆前进方向垂直且平行于路面的方向;y方向为车辆的纵向方向,也即车辆前进方向;z方向为车辆的竖直方向,也即垂直于路面的方向。

[0113] 载有乘客的智能驾驶车辆,从力学角度来说,在行驶过程中,其三自由度运动方向所受到的力满足牛顿运动定律:

$$[0114] \quad F_i = (m+M) a_i \quad (i=x, y, z)$$

[0115] 其中,m为乘客的质量,M是智能驾驶车辆的质量, $a_i$ 为智能驾驶车辆三自由度运动方向的加速度。

[0116] 因此,当智能驾驶车辆行驶过程中,乘客所受到的加速度与智能驾驶车辆的加速度相同。通过加速度的共性,根据乘客受到的加速度变化率和心率之间的关系,可建立智能驾驶车辆与乘客心率之间的关系。

[0117] 由牛顿运动定律,k时刻智能驾驶车辆与乘客的加速度变化率为:

$$[0118] \quad \begin{cases} \Delta a_{x_k} = \frac{a_{x_k} - a_{x_{k-1}}}{\Delta t} \\ \Delta a_{y_k} = \frac{a_{y_k} - a_{y_{k-1}}}{\Delta t} \\ \Delta a_{z_k} = \frac{a_{z_k} - a_{z_{k-1}}}{\Delta t} \end{cases}$$

[0119] 其中,  $a_{x_k}$  表示k时刻x方向上的加速度;  $a_{x_{k-1}}$  表示k-1时刻x方向上的加速度;  $\Delta a_{x_k}$  表示k时刻x方向上的加速度变化量。

[0120] 其中,  $a_{y_k}$  表示k时刻y方向上的加速度;  $a_{y_{k-1}}$  表示k-1时刻y方向上的加速度;  $\Delta a_{y_k}$  表示k时刻y方向上的加速度变化量。

[0121] 其中,  $a_{z_k}$  表示k时刻z方向上的加速度;  $a_{z_{k-1}}$  表示k-1时刻z方向上的加速度;  $\Delta a_{z_k}$  表示k时刻z方向上的加速度变化量。

[0122]  $\Delta t$  表示加速度采样时间。

[0123] 加速度变化率基于车辆三自由度运动方向的加速度变化率得到, 具体为:

[0124] 加速度变化率基于车辆三自由度运动方向的加速度变化率以及车辆三自由度运动方向的加速度变化率权重得到。相应地, 得到的加速度变化率也称为加权加速度变化率。

[0125] 在一些实施例中, 加权加速度变化率通过下式得到:

$$[0126] \quad \begin{cases} \Delta a_k = \text{sgn}(\Delta a_{y_k}) \sqrt{\alpha \Delta a_{x_k}^2 + \beta \Delta a_{y_k}^2 + \gamma \Delta a_{z_k}^2} \\ \alpha + \beta + \gamma = 1 \end{cases}$$

[0127] 其中,  $\Delta a_k$  为加权加速度变化率,  $\alpha$  表示x方向上的加速度变化率权重;  $\beta$  表示y方向上的加速度变化率权重;  $\gamma$  表示z方向上的加速度变化率权重。

[0128] 需要说明的是,  $\alpha$ 、 $\beta$  和  $\gamma$  可根据实际情况设置, 本实施例不限定具体取值。

[0129] 在一些实施例中, 考虑到y方向上智能驾驶车辆的加速度是车辆平稳性的主要因素, 因此,  $\beta \geq 0.7$ 。

[0130] 若y方向上的加速度变化率为0时, 表示智能驾驶车辆在直线匀速行驶或者处于静止状态。

[0131] 在一些实施例中, 基于车辆状态信息和乘客心率信息, 建立用于车辆平顺性测试的模型, 可包括以下步骤(1)和(2):

[0132] (1) 基于车辆状态信息, 同步采样乘客心率信息, 得到训练集;

[0133] (2) 基于训练集, 建立用于车辆平顺性测试的模型, 所述模型的输入为车辆状态值, 输出为乘客心率值。

[0134] 在定义加速度变化率为用于车辆平顺性测试的指标后, 为了产生训练样本, 设计有人驾驶车辆进行数据采集的场景, 可以更加简洁、快速的产生样本数据。

[0135] 基于车辆状态信息, 同步采样乘客心率信息, 可得到训练集, 同步采样可以是时间同步采样。例如, 基于加速度变化率的获取时刻, 采样相同时刻的乘客心率值, 得到同一时

刻的加速度变化率与乘客心率值,作为训练样本。

[0136] 在一些实施例中,基于训练集,建立用于车辆平顺性测试的模型,具体为:基于训练集,训练神经网络或多项式回归模型,得到用于车辆平顺性测试的模型。

[0137] 本实施例中,通过机器学习的方法进行训练集的训练,可拟合得到加速度变化率与乘客心率值之间的数学关系,也即用于车辆平顺性测试的模型。

[0138] 在一些实施例中,通过表1随机产生的一组y方向上的加速度变化率及其对应的乘客心率值进行举例说明。

[0139] 表1y方向上的加速度变化率及其对应的乘客心率值

y 方向上的加速度变化率	乘客心率值
2	75
3.7	90
5.2	128
1.3	70
8.2	136
4.1	97
1.3	71
0	70
-2.5	83
-1.0	77
-3.2	81
-4.0	105
-5.5	139
-6.2	142
1.7	78
2.5	78
3.3	80
3.8	86

[0140]

	4.5	100
	4.9	113
	5.0	116
	5.5	121
	6.2	123
	6.7	129
	7.0	131
	7.4	133
[0141]	9	141
	-1.2	73
	-2.7	80
	-3.5	85
	-4.2	111
	-4.6	117
	-5.3	132
	-6.5	140

[0142] 考虑到y方向上的加速度变化率的乘客心率值均为一维变量,因此分别采用神经网络以及多项式回归的方法对加速度变化率以及乘客心率值之间的关系进行建模,得到用于车辆平顺性测试的模型。

[0143] 考虑到乘客心率值可以被认为是连续值,该建模方法可以转化为回归问题,所以两种方法的损失函数定义为均方差损失函数。

[0144] 另外需要说明的是,由于乘客在车辆行驶时处于有氧运动,因此本公开实施例采用有氧运动的最佳运动心率控制区域算法作为衡量指标。因此参加样本采集测试的乘客应该是身体健康的人群。有氧运动心率计算公式如下:

$$[0145] \begin{cases} \text{最大运动心率} = (220 - \text{测试人员年龄}) \times 0.8 \\ \text{最小运动心率} = (220 - \text{测试人员年龄}) \times 0.6 \end{cases}$$

[0146] 由于有氧运动心率的上下界数据已获取,所以在测量数据足够准确,且噪声对数据测量的影响可以忽略不计的情况下,过拟合的现象就结果影响在一定程度上可以忽略不计。

[0147] 采用神经网络进行建模,网络采用的是含有两层隐藏层的神经网络,隐藏层中神经元的数量为16,激活函数采用relu激活函数。采用神经网络进行建模的训练过程损失值

变化如图6所示。

[0148] 图7中可见,算法在400次时已接近收敛,但是随着训练次数的不断增加,损失值在以一个很小的斜率不断降低,实际上仍是在优化的过程,虽然随着训练的不断加,过拟合现象会逐渐突出,但对本公开实施例提及的建模问题,对过拟合现象具有一定的容忍度。

[0149] 在10000次训练时,将模型保存并拟合出神经网络学习到的曲线如图8所示,图8中,横坐标为longitudinal acceleration (纵向加速度变化率,也即y方向上的加速度变化率),纵坐标为Passenger heart rate (乘客心率值)。

[0150] 另外,多项式回归分别采用的二次、三次到六次的多项式回归,具体参数如表2所示,表2示出了多项式回归以及神经网络得到的模型损失值以及参数。

[0151] 表2多项式回归以及神经网络得到的模型损失值以及参数

阶数	损失值	多项式参数
2	99.471	1.279 -1.602 77.043
3	51.639	-0.091 1.619 1.287 71.802
4	31.015	-0.015 -0.023 2.304 -0.471 67.131
[0152] 5	30.036	0.001 -0.02 -0.07 2.516 0.081 65.921
6	29.332	0 0.002 -0.009 -0.14 2.344 0.808 66.378
神经网络	36.291	无

[0153] 表2中可见,神经网络拟合曲线的损失值介于三阶和四阶多项式拟合。虽然随着阶数的升高以及神经网络训练次数的增大,理论上损失值可以接近于0,但这种情况下,拟合出的曲线往往和真实环境有一定的差别,所以本公开实施例提出的方法中拟采用神经网络以及四阶多项式拟合的方法来拟合加速度变化率与乘客心率值之间的数学关系。

[0154] 本公开实施例还提出一种智能驾驶系统,所述智能驾驶系统包括如前述方法实施例建立的用于车辆平顺性测试的模型。所述智能驾驶系统被配置为:基于心率阈值,通过所述用于车辆平顺性测试的模型,得到车辆状态阈值。

[0155] 本实施例中,心率阈值为有氧运动心率阈值,而由于有氧运动心率阈值包括最大运动心率和最小运动心率,因此基于心率阈值,通过用于车辆平顺性测试的模型,得到的车辆状态阈值包括最小值和最大值。

[0156] 在一些实施例中,车辆状态阈值为加速度变化率阈值,加速度变化率阈值包括最小值和最大值。可见,通过有氧运动心率阈值,约束智能驾驶车辆加速度变化率阈值,进而约束智能驾驶车辆的加速度变化率,从而为智能驾驶车辆平顺性测试提供必要的理论依据。

[0157] 在一些实施例中,智能驾驶系统被配置为:基于车辆状态阈值,进行决策规划。其中,车辆状态阈值可以为加速度变化率阈值,且加速度变化率作为车辆平顺性测试的指标,因而使得智能驾驶系统决策规划时保证车辆加速度变化率始终处于加速度变化率阈值的最小值和最大值之间,满足平顺性需求,提升乘客体验。

[0158] 可见,本公开实施例根据智能驾驶车辆平顺性表现,定义智能驾驶车辆加速度变

化率为平顺性测试的指标,通过获取不同加速度变化率下的乘客心率值作为训练样本,基于机器学习方法辨识出加速度变化率与乘客心率值之间的数学模型。通过有氧运动心率阈值解析出智能驾驶车辆的加速度变化率阈值。从而给出智能驾驶车辆平顺性指标的理论体系,为智能驾驶车辆平顺性测试提供了加速度变化率阈值。

[0159] 需要说明的是,对于前述的各方法实施例,为了简单描述,故将其都表述为一系列的动作组合,但是本领域技术人员能够理解,本公开实施例并不受所描述的动作顺序的限制,因为依据本公开实施例,某些步骤可以采用其他顺序或者同时进行。另外,本领域技术人员能够理解,说明书中所描述的实施例均属于可选实施例。

[0160] 本公开实施例还提出一种非暂态计算机可读存储介质,所述非暂态计算机可读存储介质存储程序或指令,所述程序或指令使计算机执行如车辆平顺性测试的模型建立方法各实施例的步骤,为避免重复描述,在此不再赘述。

[0161] 需要说明的是,在本文中,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者装置不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者装置所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括该要素的过程、方法、物品或者装置中还存在另外的相同要素。

[0162] 本领域的技术人员能够理解,尽管在此所述的一些实施例包括其它实施例中所包括的某些特征而不是其它特征,但是不同实施例的特征的组合意味着处于本发明的范围之内并且形成不同的实施例。

[0163] 本领域的技术人员能够理解,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中沒有详述的部分,可以参见其他实施例的相关描述。

[0164] 虽然结合附图描述了本发明的实施方式,但是本领域技术人员可以在不脱离本发明的精神和范围的情况下做出各种修改和变型,这样的修改和变型均落入由所附权利要求所限定的范围之内。

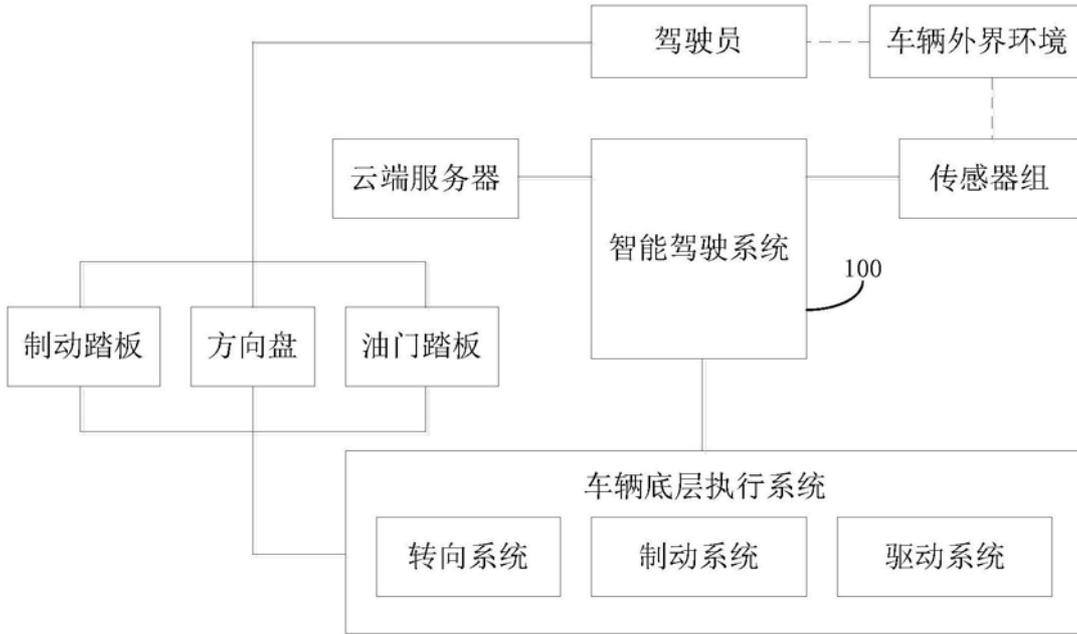


图1

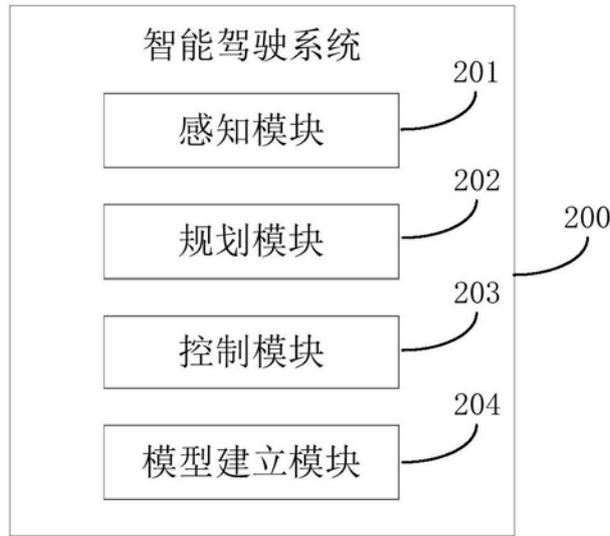


图2

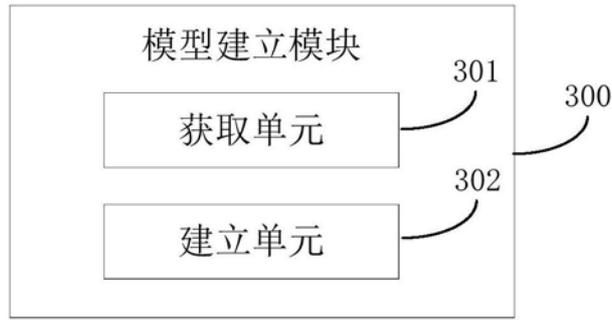


图3

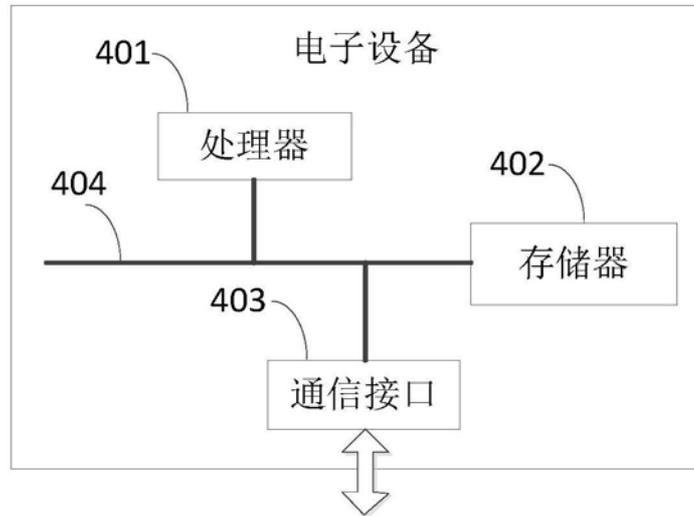


图4

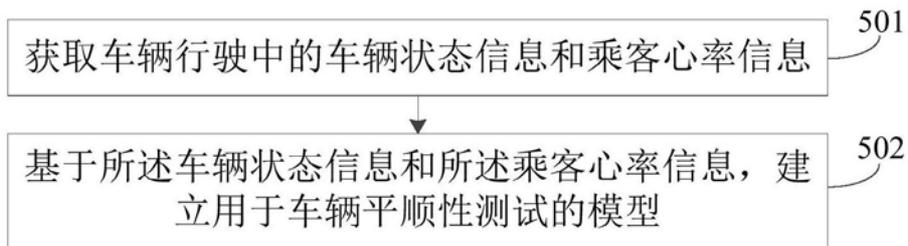


图5

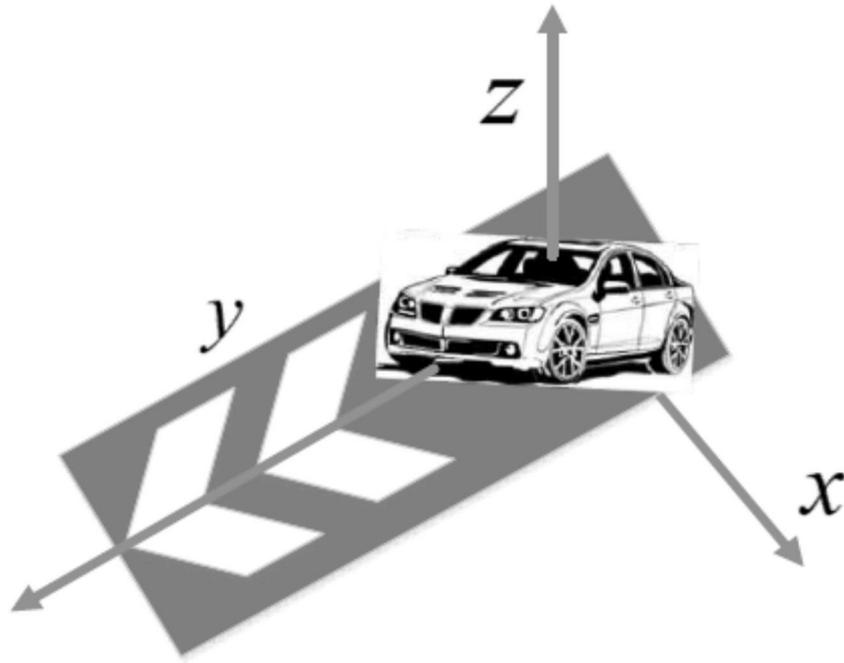


图6

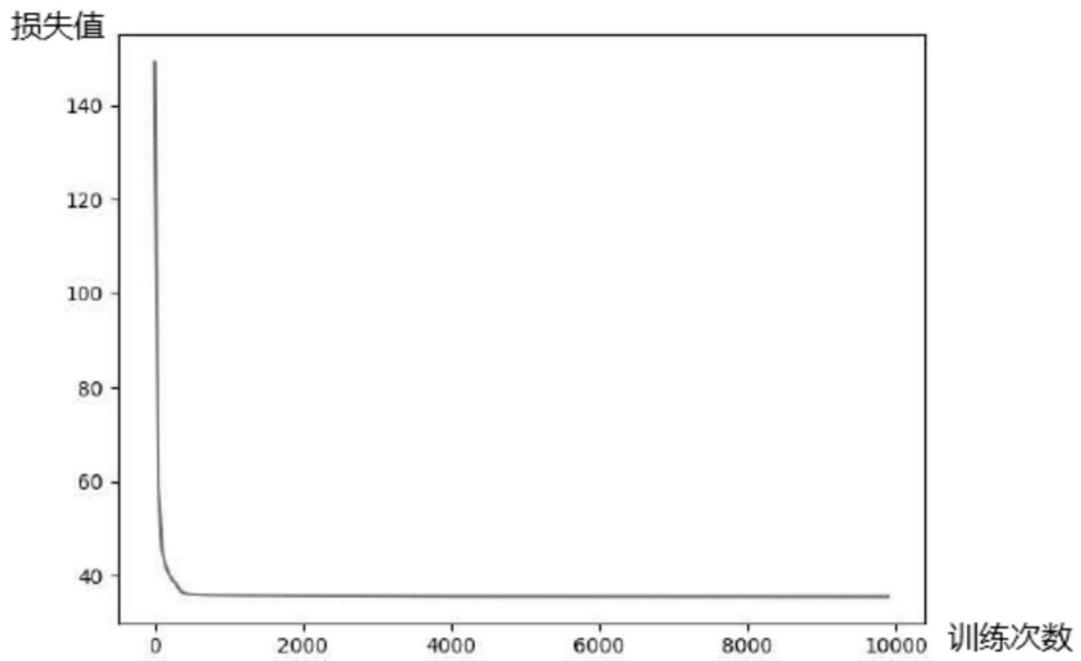


图7

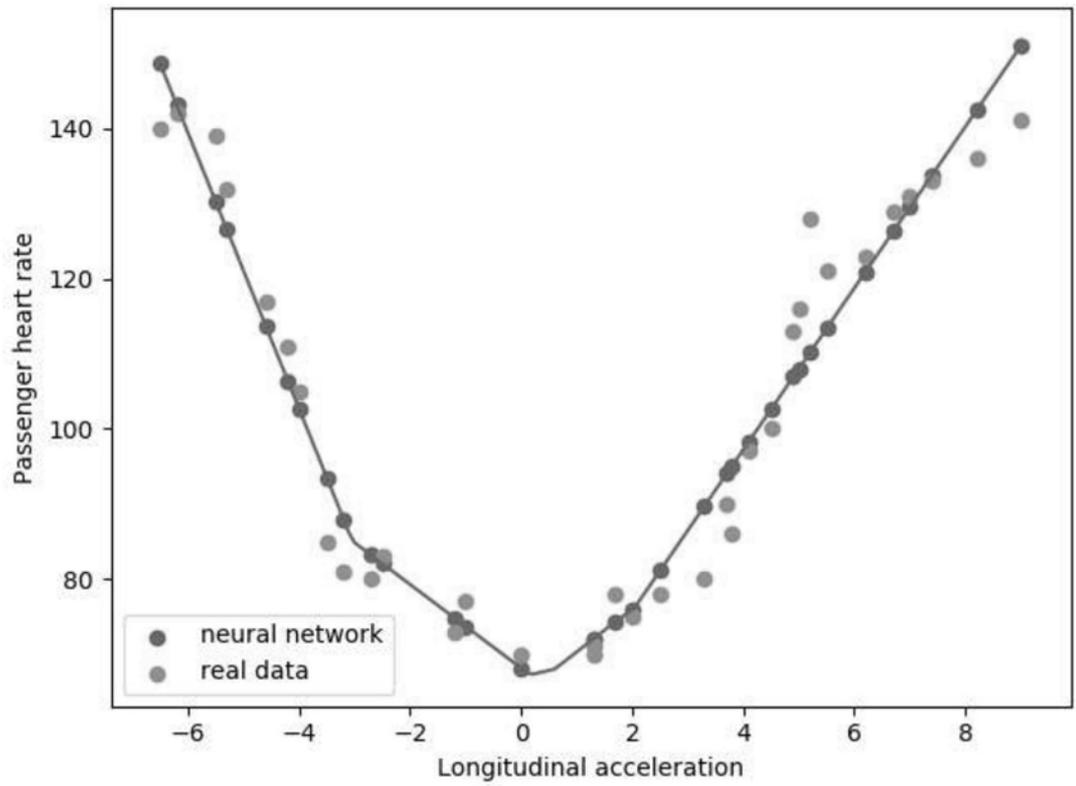


图8

专利名称(译)	一种用于车辆平顺性测试的模型建立方法及智能驾驶系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN110426215A</a>	公开(公告)日	2019-11-08
申请号	CN201910641509.7	申请日	2019-07-16
[标]申请(专利权)人(译)	驭势上海汽车科技有限公司		
申请(专利权)人(译)	驭势(上海)汽车科技有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	驭势(上海)汽车科技有限公司		
[标]发明人	孙志坚 杨子恒 雷刚 朱航 阙明遥		
发明人	孙志坚 杨子恒 雷刚 朱航 阙明遥		
IPC分类号	G01M17/007 A61B5/00 A61B5/024		
CPC分类号	A61B5/024 A61B5/6893 G01M17/007		
代理人(译)	郭鑫		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本公开实施例涉及一种用于车辆平顺性测试的模型建立方法、智能驾驶系统、电子设备和非暂态计算机可读存储介质，其中，方法包括：获取车辆行驶中的车辆状态信息和乘客心率信息；基于车辆状态信息和乘客心率信息，建立用于车辆平顺性测试的模型。本公开实施例中，通过获取车辆状态信息和乘客心率信息，建立用于车辆平顺性测试的模型，为智能驾驶车辆平顺性测试提供理论依据。

