



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113370996 A

(43) 申请公布日 2021.09.10

(21) 申请号 202110844228.9

(22) 申请日 2021.07.26

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园1号

(72) 发明人 江昆 杨明亮 杨殿阁 于伟光

陈俊杰 刘茂林

(74) 专利代理机构 北京知联天下知识产权代理

事务所(普通合伙) 11594

代理人 张迎新 史光伟

(51) Int.Cl.

B60W 60/00 (2020.01)

B60W 50/00 (2006.01)

B60W 30/08 (2012.01)

B60W 50/14 (2020.01)

B60W 50/16 (2020.01)

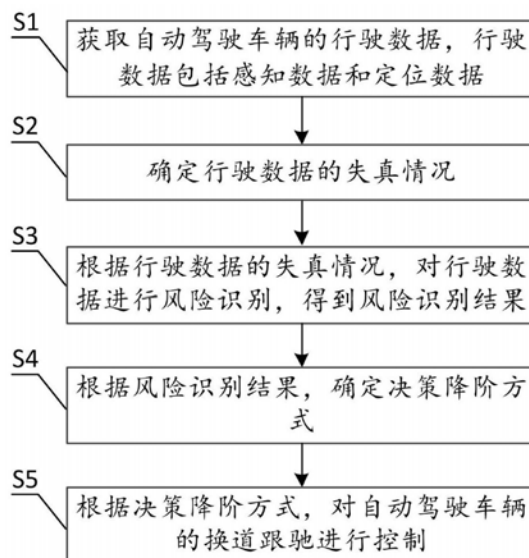
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

自动驾驶换道跟驰决策方法及系统、自动驾驶车辆

(57) 摘要

本发明提供一种自动驾驶换道跟驰决策方法及系统、自动驾驶车辆,涉及自动驾驶技术领域。本发明提供的自动驾驶换道跟驰决策方法包括:获取自动驾驶车辆的行驶数据,行驶数据包括感知数据和定位数据;确定行驶数据的失真情况,失真情况为数据缺失情况或数据精度下降情况;根据行驶数据的失真情况,对行驶数据进行风险识别,得到风险识别结果;根据风险识别结果,确定决策降阶方式;根据决策降阶方式,对自动驾驶车辆的换道跟驰进行控制。本发明的技术方案能够在车载传感器精度下降或数据缺失条件下,保证自动驾驶车辆换道和跟驰的安全性。



1. 一种自动驾驶换道跟驰决策方法,其特征在于,包括:
步骤S1、获取自动驾驶车辆的行驶数据,所述行驶数据包括感知数据和定位数据;
步骤S2、确定所述行驶数据的失真情况,所述失真情况为数据缺失情况或数据精度下降情况;
步骤S3、根据所述行驶数据的失真情况,对所述行驶数据进行风险识别,得到风险识别结果;
步骤S4、根据所述风险识别结果,确定决策降阶方式;
步骤S5、根据所述决策降阶方式,对所述自动驾驶车辆的换道跟驰进行控制。
2. 根据权利要求1所述的自动驾驶换道跟驰决策方法,其特征在于,步骤S2中,所述数据缺失情况的参数包括数据缺失种类和数据缺失时间,所述数据精度下降情况的参数包括数据的标准差或数据的置信度。
3. 根据权利要求2所述的自动驾驶换道跟驰决策方法,其特征在于,根据所述数据缺失种类和所述数据缺失时间将所述数据缺失情况划分为至少两个等级,根据所述数据的标准差的大小和/或数据的置信度的高低将所述数据精度下降情况划分为至少两个等级。
4. 根据权利要求1所述的自动驾驶换道跟驰决策方法,其特征在于,步骤S3具体包括:
子步骤S31、根据所述行驶数据的失真情况判断所述行驶数据是否可以行驶环境建模,若可以,则执行子步骤S32,若不可以,则得到第一风险识别结果;
子步骤S32、根据所述行驶数据的失真情况判断所述行驶数据是否可以周车行为和轨迹预测,若可以,则执行子步骤S33,若不可以,则得到第二风险识别结果;
子步骤S33、根据所述行驶数据的失真情况判断所述行驶数据是否可以局部轨迹规划,若不可以,得到第三风险识别结果,若可以,则得到第四风险识别结果;
所述第一风险识别结果至所述第四风险识别结果的风险等级依次降低。
5. 根据权利要求1所述的自动驾驶换道跟驰决策方法,其特征在于,步骤S4具体包括:
子步骤S41、制定至少两种决策降阶方式;
子步骤S42、构建至少两种决策降阶方式与多种风险识别结果之间的关联关系;
子步骤S43、根据所述关联关系,确定所述风险识别结果对应的决策降阶方式。
6. 根据权利要求5所述的自动驾驶换道跟驰决策方法,其特征在于,子步骤S41中制定四种决策降阶方式,所述四种决策降阶方式包括:第一种,调整模型阈值,继续换道;第二种,调整模型阈值,选择跟驰;第三种,路边停车;第四种,紧急停车。
7. 根据权利要求1所述的自动驾驶换道跟驰决策方法,其特征在于,还包括:根据所述行驶数据的失真情况、所述风险识别结果或所述决策降阶方式进行安全监督预警。
8. 一种自动驾驶换道跟驰决策系统,其特征在于,包括:
感知和定位模块,用于获取自动驾驶车辆的行驶数据,所述行驶数据包括感知数据和定位数据;
诊断模块,用于确定所述行驶数据的失真情况,所述失真情况为数据缺失情况或数据精度下降情况;
风险识别模块,用于根据所述行驶数据的失真情况,对所述行驶数据进行风险识别,得到风险识别结果;
决策降阶模块,用于根据所述风险识别结果,确定决策降阶方式;

控制模块,用于根据所述决策降阶方式,对所述自动驾驶车辆的换道跟驰进行控制。

9.根据权利要求8所述的自动驾驶换道跟驰决策系统,其特征在于,还包括:安全监督预警模块,用于根据所述行驶数据的失真情况、所述风险识别结果或所述决策降阶方式进行安全监督预警。

10.一种自动驾驶车辆,其特征在于,包括权利要求8或9所述的自动驾驶换道跟驰决策系统。

自动驾驶换道跟驰决策方法及系统、自动驾驶车辆

技术领域

[0001] 本发明涉及自动驾驶技术领域,尤其涉及一种自动驾驶换道跟驰决策方法及系统、自动驾驶车辆。

背景技术

[0002] 感知模块和定位模块是自动驾驶功能实现的基础,其数据主要来源于车载传感器。车载传感器技术发展日趋成熟,但是在雨、雪、雾、沙尘、隧道、障碍物遮挡等场景下由于车载传感器的性能极限造成感知或定位精度下降,甚至出现数据缺失。感知和定位的精度会直接影响到行驶环境建模、行为轨迹预测、轨迹规划和决策执行,并最终影响到换道跟驰的行驶可靠性和安全性。

[0003] 具体地,针对于换道跟驰的决策问题,一般有基于模型的规则方法和基于网络的学习方法。这些方法在常规的天气和场景条件下可以实现换道和跟驰功能,但是在车载传感器性能下降的情况下难以保障自动驾驶系统的安全性,因为这些决策方法只是从功能实现的角度进行决策,并没有考虑功能安全、预期功能安全等因素的影响,跟驰缺少安全监管和处理机制,可信赖性较差。

发明内容

[0004] 本发明提供一种自动驾驶换道跟驰决策方法及系统、自动驾驶车辆,可以在车载传感器精度下降或数据缺失条件下,保证自动驾驶车辆换道和跟驰的安全性。

[0005] 第一方面,本发明提供一种自动驾驶换道跟驰决策方法,采用如下技术方案:

[0006] 所述自动驾驶换道跟驰决策方法包括:

[0007] 步骤S1、获取自动驾驶车辆的行驶数据,所述行驶数据包括感知数据和定位数据;

[0008] 步骤S2、确定所述行驶数据的失真情况,所述失真情况包括数据缺失情况和/或数据精度下降情况;

[0009] 步骤S3、根据所述行驶数据的失真情况,对所述行驶数据进行风险识别,得到风险识别结果;

[0010] 步骤S4、根据所述风险识别结果,确定决策降阶方式;

[0011] 步骤S5、根据所述决策降阶方式,对所述自动驾驶车辆的换道跟驰进行控制。

[0012] 可选地,步骤S2中,所述数据缺失情况的参数包括数据缺失种类和数据缺失时间,所述数据精度下降情况的参数包括数据的标准差或数据的置信度。

[0013] 可选地,根据所述数据缺失种类和所述数据缺失时间的长短将所述数据缺失情况划分为至少两个等级,根据所述数据的标准差的大小和/或数据的置信度的高低将所述数据精度下降情况划分为至少两个等级。

[0014] 可选地,步骤S3具体包括:

[0015] 子步骤S31、根据所述行驶数据的失真情况判断所述行驶数据是否可以行驶环境建模,若可以,则执行子步骤S32,若不可以,则得到第一风险识别结果;

- [0016] 子步骤S32、根据所述行驶数据的失真情况判断所述行驶数据是否可以周车行为和轨迹预测,若可以,则执行子步骤S33,若不可以,则得到第二风险识别结果;
- [0017] 子步骤S33、根据所述行驶数据的失真情况判断所述行驶数据是否可以局部轨迹规划,若不可以,得到第三风险识别结果,若可以,则得到第四风险识别结果;
- [0018] 所述第一风险识别结果至所述第四风险识别结果的风险等级依次降低。
- [0019] 可选地,步骤S4具体包括:
- [0020] 子步骤S41、制定至少两种决策降阶方式;
- [0021] 子步骤S42、构建至少两种决策降阶方式与多种风险识别结果之间的关联关系;
- [0022] 子步骤S43、根据所述关联关系,确定所述风险识别结果对应的决策降阶方式。
- [0023] 可选地,子步骤S41中制定四种决策降阶方式,所述四种决策降阶方式包括:第一种,调整模型阈值,继续换道;第二种,调整模型阈值,选择跟驰;第三种,路边停车;第四种,紧急停车。
- [0024] 可选地,所述自动驾驶换道跟驰决策方法还包括:根据所述行驶数据的失真情况、所述风险识别结果或所述决策降阶方式进行安全监督预警。
- [0025] 第二方面,本发明提供一种自动驾驶换道跟驰决策系统,采用如下技术方案:
- [0026] 所述自动驾驶换道跟驰决策系统包括:
- [0027] 感知和定位模块,用于获取自动驾驶车辆的行驶数据,所述行驶数据包括感知数据和定位数据;
- [0028] 诊断模块,用于确定所述行驶数据的失真情况,所述失真情况为数据缺失情况或数据精度下降情况;
- [0029] 风险识别模块,用于根据所述行驶数据的失真情况,对所述行驶数据进行风险识别,得到风险识别结果;
- [0030] 决策降阶模块,用于根据所述风险识别结果,确定决策降阶方式;
- [0031] 控制模块,用于根据所述决策降阶方式,对所述自动驾驶车辆的换道跟驰进行控制。
- [0032] 可选地,所述自动驾驶换道跟驰决策系统还包括:安全监督预警模块,用于根据所述行驶数据的失真情况、所述风险识别结果或所述决策降阶方式进行安全监督预警。
- [0033] 第三方面,本发明提供一种自动驾驶车辆,所述自动驾驶车辆包括以上所述的自动驾驶换道跟驰决策系统。
- [0034] 本发明提供了一种自动驾驶换道跟驰决策方法及系统、自动驾驶车辆,在自动驾驶换道跟驰决策方法中,通过先获取自动驾驶车辆的行驶数据,行驶数据包括感知数据和定位数据,再确定行驶数据的失真情况,失真情况为数据缺失情况或数据精度下降情况,根据行驶数据的失真情况,对行驶数据进行风险识别,得到风险识别结果,然后,根据风险识别结果,确定决策降阶方式,最后,根据决策降阶方式,对自动驾驶车辆的换道跟驰进行控制,从而可以在车载传感器精度下降或数据缺失条件下,保证自动驾驶车辆换道和跟驰的安全性。

附图说明

- [0035] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现

有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0036] 图1为本发明实施例提供的自动驾驶换道跟驰决策方法的流程图一;

[0037] 图2为本发明实施例提供的步骤S3的具体流程图;

[0038] 图3为本发明实施例提供的步骤S4的具体流程图;

[0039] 图4为本发明实施例提供的自动驾驶换道跟驰决策方法的流程图二;

[0040] 图5为本发明实施例提供的步骤S3和步骤S6的流程图;

[0041] 图6为本发明实施例提供的自动驾驶换道跟驰决策系统的模块图一;

[0042] 图7为本发明实施例提供的自动驾驶换道跟驰决策系统的模块图二。

具体实施方式

[0043] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0044] 需要说明的是,在不冲突的情况下本发明实施例中的各技术特征均可以相互结合。

[0045] 本发明实施例提供一种自动驾驶换道跟驰决策方法,具体地,如图1所示,图1为本发明实施例提供的自动驾驶换道跟驰决策方法的流程图一,该自动驾驶换道跟驰决策方法包括:

[0046] 步骤S1、获取自动驾驶车辆的行驶数据,行驶数据包括感知数据和定位数据。

[0047] 示例性地,通过自动驾驶车辆的车载传感器、自动驾驶地图、基于V2X的其他车辆、路侧基础设施等获取感知和定位的原始数据、特征数据和目标数据中的一种或多种。这些行驶数据可以进行单独使用,也可进行融合,完成对动态交通参与者、静态交通环境信息和自车状态信息的识别和定位。

[0048] 步骤S2、确定行驶数据的失真情况,失真情况为数据缺失情况或数据精度下降情况。

[0049] 在雨、雪、雾、沙尘、隧道、障碍物遮挡等场景下,可能会存在行驶数据失真的情况。其中,数据精度下降情况指的是数据的误差增大、数据的置信度降低等情况。

[0050] 步骤S3、根据行驶数据的失真情况,对行驶数据进行风险识别,得到风险识别结果。

[0051] 可以对行驶数据的数据缺失情况、数据精度下降情况进行自适应判断,判断机制可以为应用该行驶数据进行行驶环境建模、周车行为和轨迹预测、局部轨迹规划等,若以上过程能够实施并得到相应的结果,说明行驶数据的数据缺失情况或精度下降情况可以接受,风险等级较低,若以上过程无法实施,或得不到相应的结果,说明行驶数据的数据缺失情况或精度下降情况难以接受,风险等级较高。

[0052] 步骤S4、根据风险识别结果,确定决策降阶方式。

[0053] 其中,决策降阶指的是与获取的行驶数据没有数据缺失和精度下降的情况下相

比,做出更为安全的决策,决策降阶方式可以为在换道过程中降低速度、降低加速度,将换道变为跟驰、靠边停车、紧急停车等。

[0054] 若数据缺失情况严重或数据精度下降情况严重,风险等级较高,则可选择更为安全的决策降阶方式,如靠边停车或者紧急停车等,若数据缺失情况较轻或数据精度下降情况较低,风险等级较低,则可适当进行换道或跟驰。

[0055] 步骤S5、根据决策降阶方式,对自动驾驶车辆的换道跟驰进行控制。

[0056] 在自动驾驶换道跟驰决策方法中,通过先获取自动驾驶车辆的行驶数据,行驶数据包括感知数据和定位数据,再确定行驶数据的失真情况,失真情况为数据缺失情况或数据精度下降情况,根据行驶数据的失真情况,对行驶数据进行风险识别,得到风险识别结果,然后,根据风险识别结果,确定决策降阶方式,最后,根据决策降阶方式,对自动驾驶车辆的换道跟驰进行控制,从而可以在车载传感器精度下降或数据缺失条件下,保证自动驾驶车辆换道和跟驰的安全性。

[0057] 下面本发明实施例对自动驾驶换道跟驰决策方法中各步骤的详细内容进行举例说明。

[0058] 可选地,本发明实施例中步骤S2中,数据缺失情况的参数包括数据缺失种类和数据缺失时间,关键车载传感器的数据缺失,则数据缺失情况严重,数据缺失时间越长,数据缺失情况越严重,数据精度下降情况的参数包括数据的标准差或数据的置信度,数据的标准差越大,数据精度下降越严重,数据的置信度越小,数据精度下降越严重。

[0059] 进一步地,根据数据缺失种类和数据缺失时间将数据缺失情况划分为至少两个等级,根据数据的标准差的大小和/或数据的置信度的高低将数据精度下降情况划分为至少两个等级,进而能够方便后续步骤S3根据行驶数据的失真情况,对行驶数据进行风险识别,得到风险识别结果,以及步骤S4根据风险识别结果,确定决策降阶方式的执行。

[0060] 示例性地,根据数据缺失种类和数据缺失时间将数据缺失情况划分为两个等级:第一个等级,非关键车载传感器的数据缺失,且数据缺失时间较短,如2s以内,数据的置信度在80%以上;第二个等级,关键车载传感器的数据缺失,或,非关键车载传感器的数据缺失时间较长,如2s以上,数据的置信度在80%以下。根据数据的标准差的大小或数据的置信度的高低将数据精度下降情况划分为三个等级:第一个等级,数据精度下降较小,如速度误差绝对值为1m/s、加速度误差为 0.5m/s^2 、距离误差为2m、定位误差为0.2m、数据置信度为80%以上;第二个等级,数据精度下降较大,如速度误差绝对值为3m/s、加速度误差为 2m/s^2 、距离误差为5m、定位误差为1m、数据置信度为60%以上;第三个等级,数据精度下降很大,如速度误差绝对值为5m/s以上、加速度误差为 3m/s^2 以上、距离误差为8m以上、定位误差为2m以上、数据置信度为50%以下。

[0061] 可选地,如图2所示,图2为本发明实施例提供的步骤S3的具体流程图,步骤S3具体包括:

[0062] 子步骤S31、根据行驶数据的失真情况判断行驶数据是否可以行驶环境建模,若可以,则执行子步骤S32,若不可以,则得到第一风险识别结果;

[0063] 子步骤S32、根据行驶数据的失真情况判断行驶数据是否可以行驶周车行为和轨迹预测,若可以,则执行子步骤S33,若不可以,则得到第二风险识别结果;

[0064] 子步骤S33、根据行驶数据的失真情况判断行驶数据是否可以行驶局部轨迹规划,

若不可以,得到第三风险识别结果,若可以,得到第四风险识别结果;

[0065] 第一风险识别结果至第四风险识别结果的风险等级依次降低。

[0066] 示例性地,数据缺失情况处于第一个等级,非关键车载传感器的数据缺失,且数据缺失时间较短,如2s以内,数据的置信度在80%以上时,子步骤S31~子步骤S33均可以执行,则得到第四风险识别结果;数据缺失情况处于第二个等级,关键车载传感器的数据缺失,或,非关键车载传感器的数据缺失时间较长,如2s以上,数据的置信度在80%以下时,子步骤S32无法执行,则得到第一风险识别结果或第二风险识别结果,具体可进一步根据数据缺失情况进行确定,此处不再进行赘述。数据精度下降情况处于第一个等级,数据精度下降较小,如速度误差绝对值为1m/s、加速度误差为0.5m/s²、距离误差为2m、定位误差为0.2m、数据置信度为80%以上时,子步骤S31~子步骤S33均可以执行,则得到第四风险识别结果;数据精度下降情况处于第二个等级,数据精度下降较大,如速度误差绝对值为3m/s、加速度误差为2m/s²、距离误差为5m、定位误差为1m、数据置信度为60%以上时,子步骤S33无法执行,则得到第三风险识别结果;数据精度下降情况处于第三个等级,数据精度下降很大,如速度误差绝对值为5m/s以上、加速度误差为3m/s²以上、距离误差为8m以上、定位误差为2m以上、数据置信度为50%以下时,子步骤S31或子步骤S32无法执行,则得到第一风险识别结果或第二风险识别结果,具体可以进一步根据数据精度下降情况区分,此处不再进行赘述。

[0067] 可选地,如图3所示,图3为本发明实施例提供的步骤S4的具体流程图,步骤S4具体包括:

[0068] 子步骤S41、制定至少两种决策降阶方式。

[0069] 可选地,子步骤S41中制定四种决策降阶方式,四种决策降阶方式包括:第一种,调整模型阈值,继续换道;第二种,调整模型阈值,选择跟驰;第三种,路边停车;第四种,紧急停车。

[0070] 本发明实施例对以上调整模型阈值的方式进行举例说明。常见的跟驰模型包括刺激反应类模型、安全距离模型、IDM(Intelligent Drive Model)模型和速度优化模型,常见的换道模型主要有Gipps模型、MOBIL(Minimizing Overall Braking Induced by Lane Change)模型、CORSIM模型等,这些基于模型的换道和跟驰策略都是基于前车和自车的位置信息、速度信息和加速度信息,且这些信息都是根据车载传感器进行获取。当车载传感器出现精度下降时,相应的跟驰和换道决策的准确性和安全性就会受到威胁,需要进行阈值调整。现有的车载传感器除了能够提供自身的功能参数信息,还可以提供这些参数信息的方差、标准差和置信度等信息,可以基于这些信息进行决策降阶。

[0071] 阈值调整本着往更安全、保守的方向进行策略调整,如增加安全距离、降低速度和加速度信息。

[0072] 当车载传感器的功能参数的评价指标是标准差 σ 时,在位置信息之差上加上位置的标准差 σ_x ;对于速度和加速度信息,分别减去速度信息的标准差 σ_v 和加速度的标准差 σ_a ;这种原则只是限于一些正相关的物理量,如果是负相关的物理量则要采取相反的调整,具体要根据数学公式的形式进行调整。

[0073] 当车载传感器的功能参数的评价指标是置信度 φ 时,在位置信息之差上乘以置信度 φ_x 的倒数;对于速度和加速度信息,分别乘以置信度 φ_v 和 φ_a ;这种原则只是限于一些正

相关的物理量,如果是负相关的物理量则要采取相反的调整,具体要根据数学公式的形式进行调整。

[0074] 以常见自动驾驶场景中典型的跟驰IDM模型和换道MOBIL模型为例,本发明实施例中分别引入了标准差、置信度误差进行阈值调整,从而实现阈值调整和决策降阶。

[0075] 跟驰IDM模型的原模型:

$$[0076] \quad a_{SV} = a_{\max} \left[1 - \left(\frac{v_{SV}}{v_0} \right)^\delta - \left(\frac{s_0 + v_{SV} * T + \frac{v_{SV} * (v_{SV} - v_{SV-1})}{2\sqrt{ab}}}{\|X_{SV-1} - X_{SV}\| - l_{SV}} \right)^2 \right]$$

[0077] 加入标准差信息经阈值调整后的模型:

$$[0078] \quad a_{SV} = a_{\max} \left[1 - \left(\frac{v_{SV} + \sigma_{v_{SV}}}{v_0} \right)^\delta - \left(\frac{s_0 + (v_{SV} + \sigma_{v_{SV}}) * T + \frac{(v_{SV} + \sigma_{v_{SV}}) * (v_{SV} - v_{SV-1})}{2\sqrt{ab}}}{(\|X_{SV-1} - X_{SV}\| - \sigma_{X_{SV}}) - l_{SV}} \right)^2 \right]$$

[0079] 加入置信度信息经阈值调整后的模型:

$$[0080] \quad a_{SV} = a_{\max} \left[1 - \left(\frac{v_{SV} / \varphi_{v_{SV}}}{v_0} \right)^\delta - \left(\frac{s_0 + (v_{SV} / \varphi_{v_{SV}}) * T + \frac{(v_{SV} / \varphi_{v_{SV}}) * (v_{SV} - v_{SV-1})}{2\sqrt{ab}}}{(\|X_{SV-1} - X_{SV}\| * \varphi_{X_{SV}}) - l_{SV}} \right)^2 \right]$$

[0081] 其中,

[0082] a_{SV} :目标车辆SV的加速度;

[0083] v_{SV}, v_{SV-1} :目标车辆SV和前导车SV-1的速度;

[0084] s_0 :静止时的安全距离;

[0085] T :安全车头时距;

[0086] v_0 :目标车辆的期望速度;

[0087] l_{SV} :目标车辆的车长;

[0088] a_{\max} :车辆的最大加速度;

[0089] δ :加速度指数;

[0090] $\sigma_{v_{SV}}, \sigma_{X_{SV}}$:目标车的速度和位置信息方差;

[0091] $\varphi_{v_{SV}}, \varphi_{X_{SV}}$:目标车的速度和位置置信度;

[0092] b :车辆舒适减速度。

[0093] 换道MOBIL模型定义的自车的换道总效益由换道后目标车辆的收益和对原车道、目标车道上后随车的影响两部分构成。当换道总效益 u_{sv} 大于给定的阈值且满足安全准则的约束条件时,目标车辆的换道决策为换道。换道过程要满足安全准则和激励准则。

[0094] 换道模型激励准则如下式:

$$[0095] \quad u_{SV} = \tilde{a}_{SV} - a_{SV} + p(\tilde{a}_{SV} - a_{SV} + \tilde{a}_{SV} - a_{SV}) > \Delta a_{th}$$

$$[0096] \quad u_{SV} = (\tilde{a}_{SV} - a_{SV} - \sigma_{a_{SV}}) + p(\tilde{a}_{PFV} - a_{PFV} - \sigma_{a_{PFV}} + \tilde{a}_{FV} - a_{FV} - \sigma_{a_{FV}}) > \Delta a_{th}$$

$$[0097] \quad u_{SV} = (\tilde{a}_{SV} - a_{SV})\varphi_{a_{SV}} + p((\tilde{a}_{PFV} - a_{PFV})\varphi_{a_{PFV}} + (\tilde{a}_{FV} - a_{FV})\varphi_{a_{FV}}) > \Delta a_{th}$$

[0098] p:表示礼让系数;

[0099] Δa_{th} :表示换道效益的阈值;

[0100] a_{SV}, \tilde{a}_{SV} :表示目标车辆在换道前后的加速度;

[0101] a_{PFV}, \tilde{a}_{PFV} :表示换道后目标车辆后面相邻车在换道前后的加速度;

[0102] a_{FV}, \tilde{a}_{FV} :表示换道前目标车辆后面相邻车在换道前后的加速度。

[0103] 传统的换道决策模型对于换道安全性的判断是比较自车与目标车道前导车和后随车之间的距离和相应的临界间隙大小。其中临界间隙是自车与目标车道前后车发生碰撞的最小安全距离,其与相关车辆的速度相关。

[0104] 换道模型安全准则要求,自车换道后,自车、换道后的前导车和后随车的加速度应该满足如下条件:

$$[0105] \quad \tilde{a}_{SV} - \sigma_{\tilde{a}_{SV}} \geq -b_{safe} \text{ 或者 } \tilde{a}_{SV} * \varphi_{\tilde{a}_{SV}} \geq -b_{safe}$$

$$[0106] \quad \tilde{a}_{PFV} - \sigma_{\tilde{a}_{PFV}} \geq -b_{safe} \text{ 或者 } \tilde{a}_{PFV} * \varphi_{\tilde{a}_{PFV}} \geq -b_{safe}$$

[0107] b_{safe} :最大安全减速度 (m/s^2)。

[0108] 通过对传统的跟驰和换道的决策模型引入标准差 σ 、置信度 φ 等误差干扰项,实现跟驰距离、自车速度、自车加速度等参数的阈值调整,提升系统的自适应能力和安全性。本发明针对所有的已有跟驰和换道模型的阈值调整和安全监管都有效。

[0109] 上述决策降阶方式还可以通过模糊逻辑、神经网络等其他方法实现,本领域技术人员可以结合以上阈值调整的方式以及本领域常用技术手段和公知常识得出,此处不再进行赘述。

[0110] 需要补充的是,由以上阈值调整过程可以看出,本发明实施例提供的自动驾驶换道跟驰决策方法也适用于普通条件下,也就是各车载传感器获取的感知数据和定位数据正常的条件下,仍然以以上各模型为例,普通条件下,标准差 σ 非常小,十分接近0,置信度 φ 非常高,非常接近100%,在引入以上两项指标进行阈值调整后的模型与原模型几乎无差别,不会对自动驾驶车辆的行驶造成不良影响。

[0111] 子步骤S42、构建至少两种决策降阶方式与多种风险识别结果之间的关联关系。

[0112] 也就是说,构建所有决策降阶方式与所有可能的风险识别结果之间的关联关系。以之前描述的4种可能的风险识别结果,以及四种决策降阶方式为例,第一风险结果的风险等级最高,对应第四种决策降阶方式,第二风险识别结果的风险等级较高,对应第三种决策降阶方式,第三风险识别结果的风险等级较低,对应第二种决策降阶方式,第四风险识别结果的风险等级最低,对应第一种决策降阶方式。

[0113] 子步骤S43、根据关联关系,确定风险识别结果对应的决策降阶方式。

[0114] 示例性地,当数据精度下降较小,如感知速度误差绝对值为1m/s、加速度误差为0.5m/s²、距离误差为2m、定位误差为0.2m、数据置信度为80%以上,则可以在产生换道需求时继续选择换道,模型响应的参数进行阈值调整,如速度、加速度降低为原来的80%,跟驰

距离增加20%，实现换道和跟驰的安全性。

[0115] 当数据精度下降较大，如感知速度误差绝对值为3m/s、加速度误差为2m/s²、距离误差为5m、定位误差为1m、数据置信度为60%以上，则可以在产生换道需求时变为跟驰，并进一步进行阈值调整，如速度、加速度降低为原来的60%，跟驰距离增加30%，实现跟驰的安全性。

[0116] 当数据精度下降很大，如感知速度误差绝对值为5m/s以上、加速度误差为3m/s²以上、距离误差为8m以上、定位误差为2m以上、数据置信度为50%以下，则可以在产生换道或跟驰需求时，由换道跟驰需求调整为靠边停车或紧急停车，具体可进一步根据误差情况选择。

[0117] 当非关键车载传感器的数据缺失时间较短，如2s以内，数据置信度80%以上，则可以在产生换道需求时继续选择换道，模型响应的参数进行阈值调整，如速度、加速度降低为原来的80%，跟驰距离增加20%，实现换道和跟驰的安全性。

[0118] 当关键车载传感器的数据缺失，或，非关键车载传感器的数据缺失时间较长，如2s以上，数据置信度80%以下，则可以在产生换道或跟驰需求时，由换道跟驰需求调整为靠边停车或紧急停车，具体可进一步根据数据缺失时间和数据置信度进行选择。

[0119] 可选地，如图4和图5所示，图4为本发明实施例提供的自动驾驶换道跟驰决策方法的流程图二，图5为本发明实施例提供的步骤S3和步骤S6的流程图，本发明实施例种的自动驾驶换道跟驰决策方法还包括：步骤S6、根据行驶数据的失真情况、风险识别结果或决策降阶方式进行安全监督预警。例如，在步骤S2中确定数据的精度较低或数据缺失严重，则进行安全监督预警；在步骤S3中任意一个子步骤无法实施，则进行安全监督预警；在步骤S4中选择的决策降阶方式为靠边停车、紧急停车，则进行安全监督预警。

[0120] 本发明实施例中可以通过人机界面(Human Machine Interface,HMI)、声音报警、座椅震动等方式告知驾驶员或安全员进行监管或协助，实现自动驾驶的安全监管和预警机制，保证自动驾驶的安全性，还可提升人机交互的效率。

[0121] 此外，本发明实施例还提供一种自动驾驶换道跟驰决策系统，具体地，如图6所示，图6为本发明实施例提供的自动驾驶换道跟驰决策系统的模块图一，该自动驾驶换道跟驰决策系统包括：

[0122] 感知和定位模块10，用于获取自动驾驶车辆的行驶数据，行驶数据包括感知数据和定位数据；

[0123] 诊断模块20，用于确定行驶数据的失真情况，失真情况为数据缺失情况或数据精度下降情况；

[0124] 风险识别模块30，用于根据行驶数据的失真情况，对行驶数据进行风险识别，得到风险识别结果；

[0125] 决策降阶模块40，用于根据风险识别结果，确定决策降阶方式；

[0126] 控制模块50，用于根据决策降阶方式，对自动驾驶车辆的换道跟驰进行控制。

[0127] 其中，诊断模块20可以集成于车载传感器内部，由车载传感器进行自诊断。

[0128] 可选地，如图7所示，图7为本发明实施例提供的自动驾驶换道跟驰决策系统的模块图二，本发明实施例提供的自动驾驶换道跟驰决策系统还包括：安全监督预警模块60，用于根据行驶数据的失真情况、风险识别结果或决策降阶方式进行安全监督预警。

[0129] 需要说明的是,以上各模块的功能的具体实现方式可以参照自动驾驶换道跟驰决策方法中的相关步骤的详细说明,此处不再进行赘述。

[0130] 此外,本发明实施例还提供一种自动驾驶车辆,自动驾驶车辆包括以上的自动驾驶换道跟驰决策系统。

[0131] 本领域的技术人员应该明白,本发明的实施例可提供为方法、系统或计算机程序产品。因此,本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0132] 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备(系统)和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令完成流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0133] 这些计算机程序指令也可以存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,是的存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0134] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0135] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

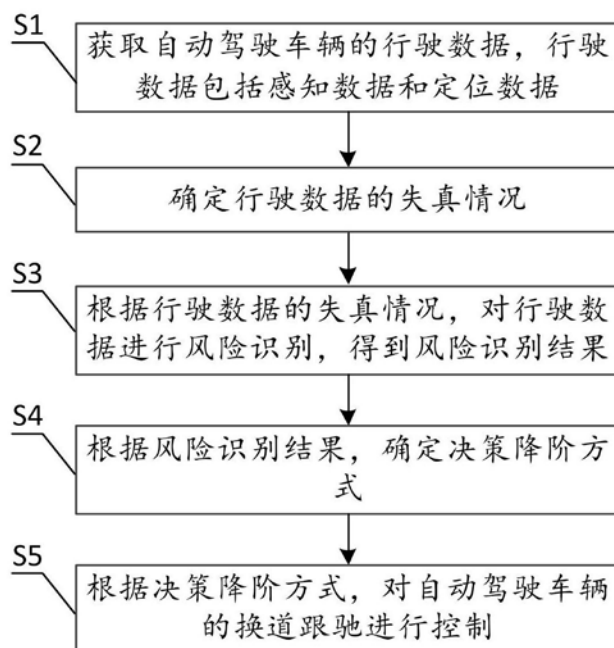


图1

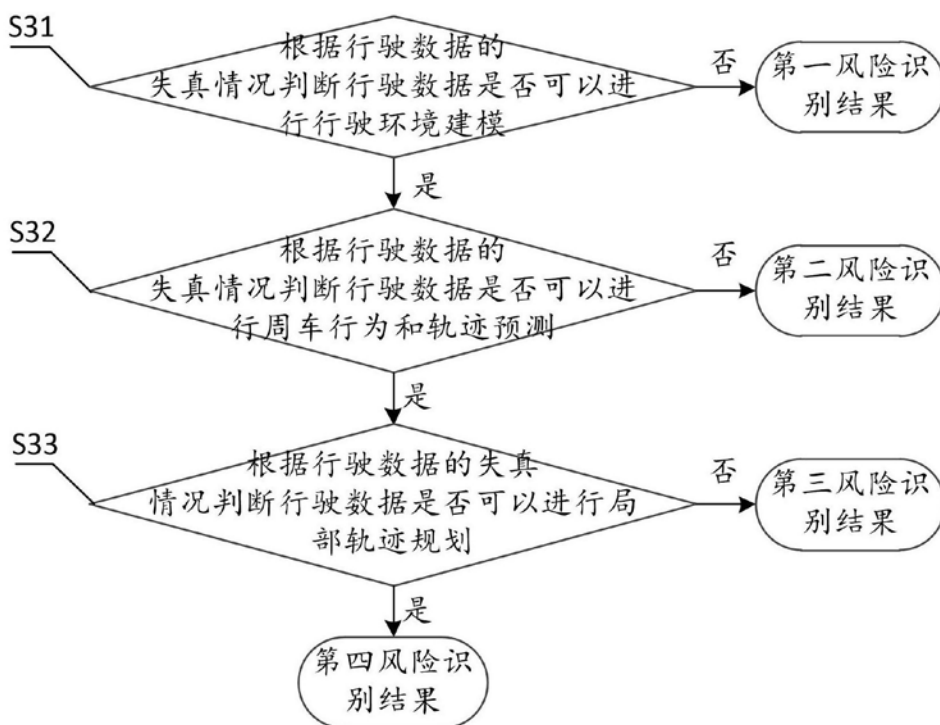


图2

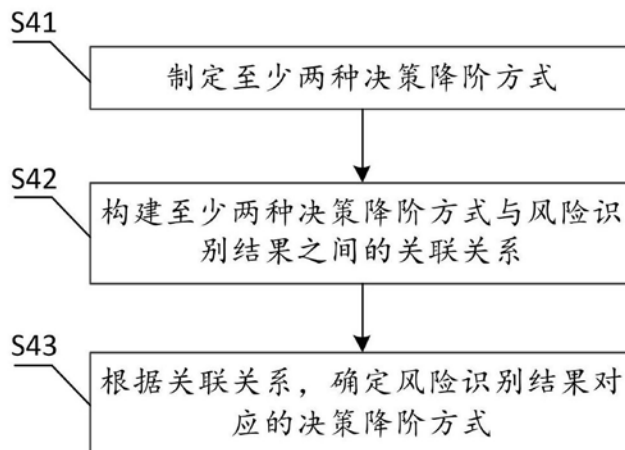


图3

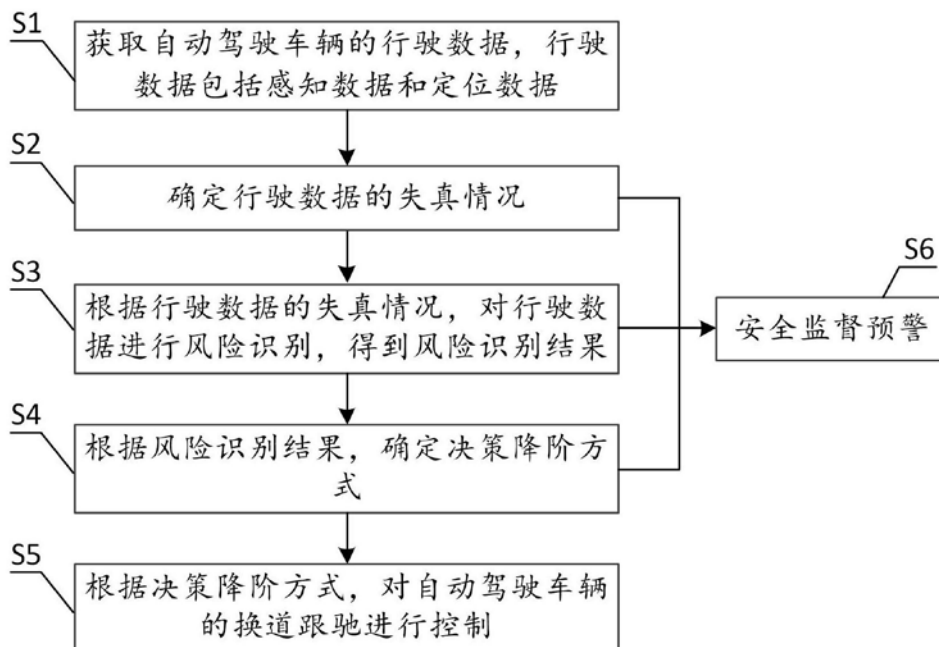


图4

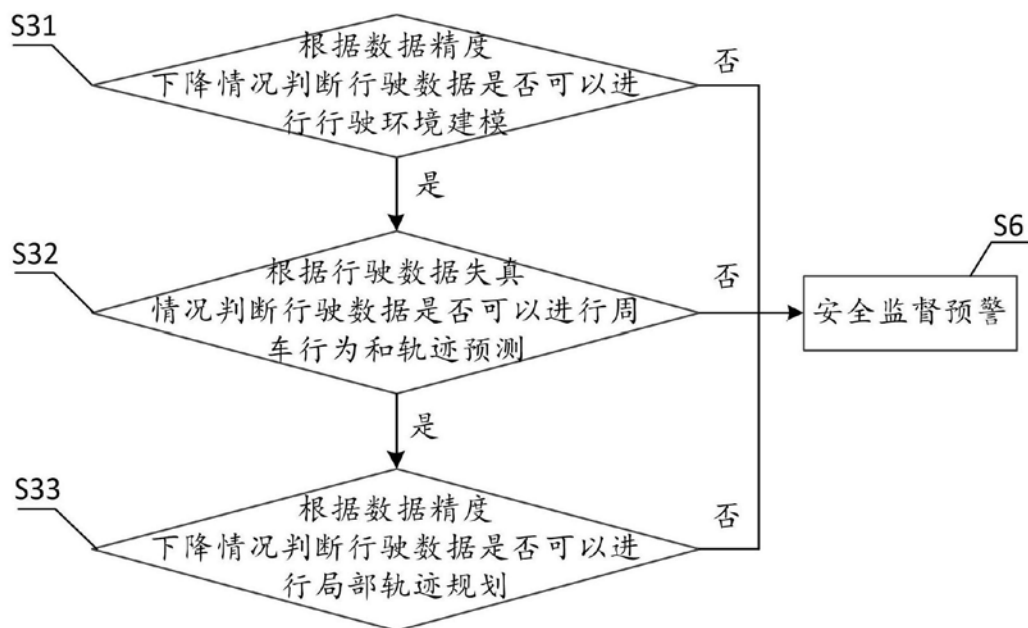


图5

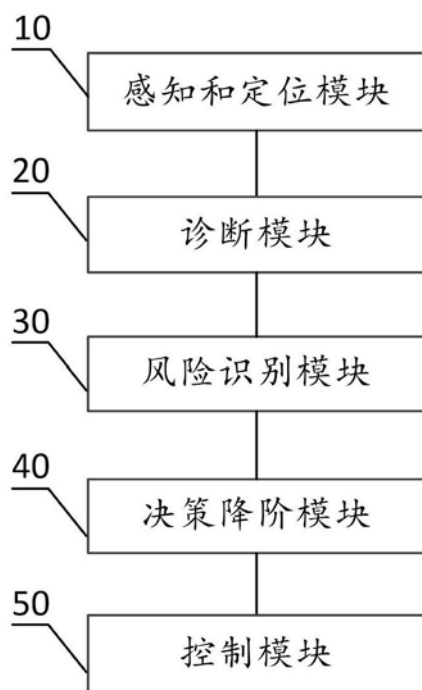


图6

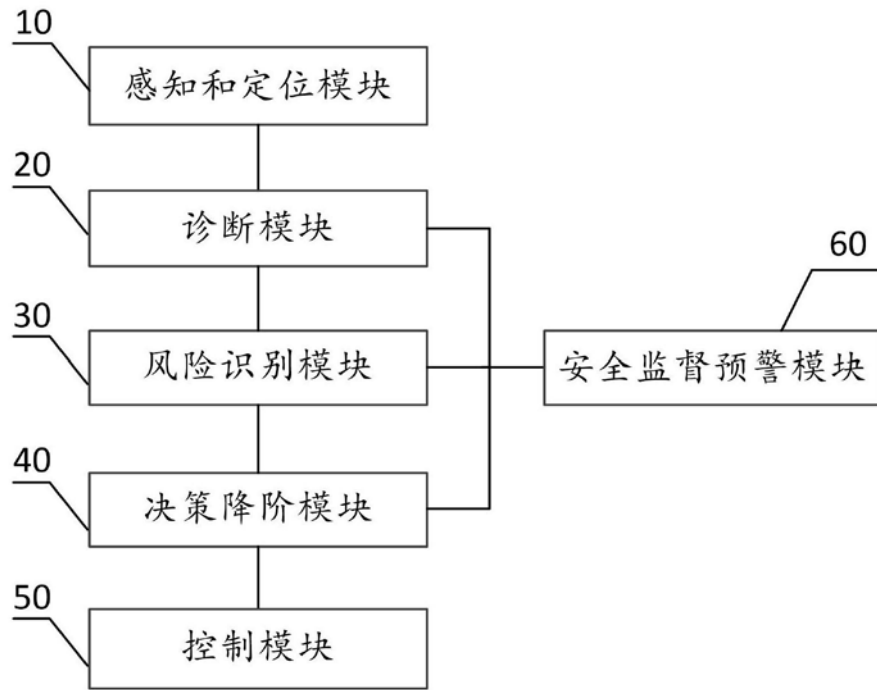


图7