



(21) 申请号 202010423008.4

B60W 40/10 (2012.01)

(22) 申请日 2020.05.19

B60W 50/14 (2020.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113682299 A

(56) 对比文件

CN 109756867 A, 2019.05.14

CN 110488802 A, 2019.11.22

(43) 申请公布日 2021.11.23

CN 103782192 A, 2014.05.07

(73) 专利权人 广州汽车集团股份有限公司

CN 106004865 A, 2016.10.12

地址 510030 广东省广州市越秀区东风中

CN 110782703 A, 2020.02.11

路448—458号成悦大厦23楼

审查员 黄建

(72) 发明人 冯其高 杨波 张莹 蔡之骏

朱志婷 李敏

(74) 专利代理机构 深圳汇智容达专利商标事务

所(普通合伙) 44238

专利代理师 潘中毅

(51) Int. Cl.

B60W 30/095 (2012.01)

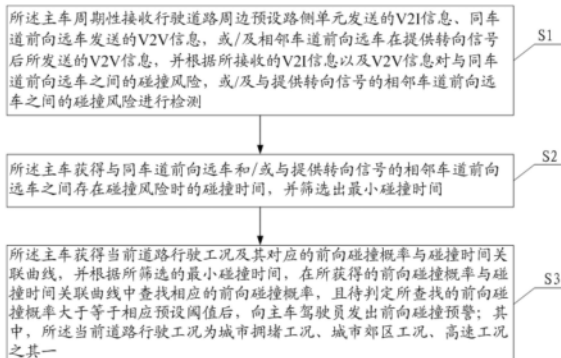
权利要求书4页 说明书14页 附图8页

(54) 发明名称

一种车辆前向碰撞预警方法及装置

(57) 摘要

本发明提供一种车辆前向碰撞预警方法,用于主车在道路行驶过程中通过C-V2X技术对同车道和/或相邻车道的前向远车进行前碰撞预警监测,包括:主车根据路侧单元的V2I信息、同车道和/或提供转向信号的相邻车道前向远车的V2V信息,检测同车道和/或提供转向信号的相邻车道前向远车的碰撞风险;若存在碰撞风险则算出碰撞时间并筛选最小的碰撞时间;获得当前道路行驶工况及对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线,并根据最小碰撞时间,在关联曲线中查找前向碰撞概率,待判定前向碰撞概率大于等于相应预设阈值后,向主车驾驶员发出前向碰撞预警。实施本发明,基于C-V2X技术对各种道路形状下目标车辆的准确识别来实现前向碰撞预警,大大提高车辆的行驶安全性。



1. 一种车辆前向碰撞预警方法,用于主车在道路行驶过程中通过C-V2X技术对同车道和/或相邻车道的前向远车进行前向碰撞预警监测,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

所述主车周期性接收行驶道路周边预设路侧单元发送的V2I信息、同车道前向远车发送的V2V信息,或/及相邻车道前向远车在提供转向信号后所发送的V2V信息,并根据所接收的V2I信息以及V2V信息对与同车道前向远车之间的碰撞风险,或/及与提供转向信号的相邻车道前向远车之间的碰撞风险进行检测;

所述主车获得与同车道前向远车和/或与提供转向信号的相邻车道前向远车之间存在碰撞风险时的碰撞时间,并筛选出最小碰撞时间;

所述主车获得当前道路行驶工况及其对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线,并根据所筛选的最小碰撞时间,在所获得的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线中查找相应的前向碰撞概率,且待判定所查找的前向碰撞概率大于等于相应预设阈值后,向主车驾驶员发出前向碰撞预警;其中,所述当前道路行驶工况为城市拥堵工况、城市郊区工况、高速工况之其一;

其中,根据所接收的V2I信息以及V2V信息对与同车道前向远车之间的碰撞风险,或/及与提供转向信号的相邻车道前向远车之间的碰撞风险进行检测的步骤,均具体通过以下方式实现:

所述主车根据所述预设路侧单元发送的V2I信息以及当前所检测前向远车发送的V2V信息,并结合所述主车自身的V2V信息,通过矢量法迭代计算两车相对距离的矢量投影值及预警距离阈值的矢量投影值;

所述主车若判断出某次迭代计算得到的两车相对距离的矢量投影值小于等于预警距离阈值的矢量投影值,则终止迭代计算,并认定与当前所检测前向远车存在碰撞风险,且得到与当前所检测前向远车之间的碰撞时间;

所述主车若判断出每次迭代计算得到的两车相对距离的矢量投影值均大于预警距离阈值的矢量投影值,直至迭代计算执行完毕,则认定与当前所检测前向远车不存在碰撞风险;

其中,矢量迭代计算步骤中,所述主车与当前所检测前向远车之间相对距离的矢量投

影值以一定时间间隔连续计算,其计算公式为 $DCPA_n = \begin{cases} |\overline{P_{n-1}HV}|, & S_n \leq 0 \\ |\overline{HVA_n}|, & 0 < S_n < 1 \\ |\overline{HVP_n}|, & S_n \geq 1 \end{cases}$; 其中, $DCPA_n$ 表示

在n个时间间隔时所述主车与当前所检测前向远车之间相对距离的矢量投影值,n为从1开始递增的整数; $|\overline{P_{n-1}HV}|$ 表示 P_{n-1} 到所述主车之间的距离, P_{n-1} 表示在n-1个时间间隔时当前所检测前向远车相对于所述主车运动到的位置; $|\overline{HVA_n}|$ 表示 \overline{RVHV} 在 $\overline{RVP_n}$ 的投影点 A_n 与所述主车之间的距离, \overline{RVHV} 表示当前所检测前向远车到所述主车的相对距离向量, $\overline{RVP_n}$ 表示当前所检测前向远车到 P_n 的向量, P_n 表示在n个时间间隔时当前所检测前向远车相对于所述

主车运动到的位置; $|\overline{HVP_n}|$ 表示所述主车到 P_n 之间的距离; $S_n = \frac{\overline{P_{n-1}HV} \cdot \overline{P_{n-1}P_n}}{|\overline{P_{n-1}P_n}|^2}$, $\overline{P_{n-1}P_n}$ 表示 P_{n-1}

到 P_n 之间的向量。

2. 如权利要求1所述的车辆前向碰撞预警方法,其特征在于,所述主车获得当前道路行驶工况的步骤,具体包括:

所述主车获取与车速关联的特征参数,并获得每一个特征参数的参数值;

所述主车以所获取的特征参数为输入,并以城市拥堵工况、城市郊区工况及高速工况为输出标签,构建学习向量量化神经网络;

所述主车将所获得的每一个特征参数的参数值均导入所述学习向量量化神经网络中进行计算,输出相应标签作为当前道路行驶工况。

3. 如权利要求2所述的车辆前向碰撞预警方法,其特征在于,所述特征参数包括平均车速、最高车速、最大加速度、加速度平均值、最大减速度、减速度平均值、怠速时间比例、加速时间比例、减速时间比例、匀速时间比例及怠速的次数。

4. 如权利要求1所述的车辆前向碰撞预警方法,其特征在于,所述主车通过下述方式来获得相邻车道前向远车所提供转向信号,具体为:

根据相邻车道前向远车所提供的V2V信息中的方向盘的转动方向,并将其转动角度与预定角度进行比较来获得的;和/或

通过识别相邻车道前向远车转向灯开启方向来获得的。

5. 如权利要求1所述的车辆前向碰撞预警方法,其特征在于,所述方法进一步包括:

所述主车通过CAN总线向中控界面发送碰撞预警画面和/或语音提示给主车驾驶员。

6. 一种车辆前向碰撞预警装置,用于主车在道路行驶过程中通过C-V2X技术对同车道和/或相邻车道的前向远车进行前向碰撞预警监测,其特征在于,包括碰撞风险检测单元、最小碰撞时间筛选单元和前向碰撞预警单元;其中,

所述碰撞风险检测单元,用于所述主车周期性接收行驶道路周边预设路侧单元发送的V2I信息、同车道前向远车发送的V2V信息,或/及相邻车道前向远车在提供转向信号后所发送的V2V信息,并根据所接收的V2I信息以及V2V信息对与同车道前向远车之间的碰撞风险,或/及与提供转向信号的相邻车道前向远车之间的碰撞风险进行检测;

所述最小碰撞时间筛选单元,用于所述主车获得与同车道前向远车和/或与提供转向信号的相邻车道前向远车之间存在碰撞风险时的碰撞时间,并筛选出最小碰撞时间;

所述前向碰撞预警单元,用于所述主车获得当前道路行驶工况及其对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线,并根据所筛选的最小碰撞时间,在所获得的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线中查找相应的前向碰撞概率,且待判定所查找的前向碰撞概率大于等于相应预设阈值后,向主车驾驶员发出前向碰撞预警;其中,所述当前道路行驶工况为城市拥堵工况、城市郊区工况、高速工况之其一;

其中,所述碰撞风险检测单元包括:

信息接收模块,用于所述主车周期性接收行驶道路周边预设路侧单元发送的V2I信息、同车道前向远车发送的V2V信息,或/及相邻车道前向远车在提供转向信号后所发送的V2V信息;

远车碰撞风险检测模块,用于所述主车根据所接收的V2I信息以及V2V信息对与同车道前向远车之间的碰撞风险,或/及与提供转向信号的相邻车道前向远车之间的碰撞风险进行检测;

其中,所述远车碰撞风险检测模块包括:

第一计算子模块,用于所述主车根据所述预设路侧单元发送的V2I信息以及当前所检测前向远车发送的V2V信息,并结合所述主车自身的V2V信息,通过矢量法迭代计算两车相对距离的矢量投影值及预警距离阈值的矢量投影值;

第二计算子模块,用于所述主车若判断出某次迭代计算得到的两车相对距离的矢量投影值小于等于预警距离阈值的矢量投影值,则终止迭代计算,并认定与当前所检测前向远车存在碰撞风险,且得到与当前所检测前向远车之间的碰撞时间;

第三计算子模块,用于所述主车若判断出每次迭代计算得到的两车相对距离的矢量投影值均大于预警距离阈值的矢量投影值,直至迭代计算执行完毕,则认定与当前所检测前向远车不存在碰撞风险;

其中,矢量迭代计算步骤中,所述主车与当前所检测前向远车之间相对距离的矢量投

影值以一定时间间隔连续计算,其计算公式为 $DCPA_n = \begin{cases} |\overline{P_{n-1}HV}|, & S_n \leq 0 \\ |\overline{HVA_n}|, & 0 < S_n < 1 \\ |\overline{HVP_n}|, & S_n \geq 1 \end{cases}$; 其中, $DCPA_n$ 表示

在 n 个时间间隔时所述主车与当前所检测前向远车之间相对距离的矢量投影值, n 为从 1 开始递增的整数; $|\overline{P_{n-1}HV}|$ 表示 P_{n-1} 到所述主车之间的距离, P_{n-1} 表示在 $n-1$ 个时间间隔时当前所检测前向远车相对于所述主车运动到的位置; $|\overline{HVA_n}|$ 表示 \overline{RVHV} 在 $\overline{RVP_n}$ 的投影点 A_n 与所述主车之间的距离, \overline{RVHV} 表示当前所检测前向远车到所述主车的相对距离向量, $\overline{RVP_n}$ 表示当前所检测前向远车到 P_n 的向量, P_n 表示在 n 个时间间隔时当前所检测前向远车相对于所述主车运动到的位置; $|\overline{HVP_n}|$ 表示所述主车到 P_n 之间的距离; $S_n = \frac{\overline{P_{n-1}HV} \cdot \overline{P_{n-1}P_n}}{|\overline{P_{n-1}P_n}|^2}$, $\overline{P_{n-1}P_n}$ 表示 P_{n-1} 到 P_n 之间的向量。

7. 如权利要求6所述的车辆前向碰撞预警装置,其特征在于,所述前向碰撞预警单元包括:

道路行驶工况获取模块,用于所述主车获得当前道路行驶工况;其中,所述当前道路行驶工况为城市拥堵工况、城市郊区工况、高速工况之其一;

前向碰撞预警模块,用于所述主车根据当前道路行驶工况,获得当前道路行驶工况的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线,并根据所筛选的最小碰撞时间,在所获得的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线中查找相应的前向碰撞概率,且待判定所查找的前向碰撞概率大于等于相应预设阈值后,向主车驾驶员发出前向碰撞预警。

8. 如权利要求7所述的车辆前向碰撞预警装置,其特征在于,所述道路行驶工况获取模块包括:

特征参数获取子模块,用于所述主车获取与车速关联的特征参数,并获得每一个特征参数的参数值;

神经网络构建子模块,用于所述主车以所获取的特征参数为输入,并以城市拥堵工况、城市郊区工况及高速工况为输出标签,构建学习向量量化神经网络;

道路行驶工况输出子模块,用于所述主车将所获得的每一个特征参数的参数值均导入所述学习向量量化神经网络中进行计算,输出相应标签作为当前道路行驶工况。

9.如权利要求8所述的车辆前向碰撞预警装置,其特征在于,所述特征参数包括平均车速、最高车速、最大加速度、加速度平均值、最大减速度、减速度平均值、怠速时间比例、加速时间比例、减速时间比例、匀速时间比例及怠速的次数。

一种车辆前向碰撞预警方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及汽车技术领域,尤其涉及一种车辆前向碰撞预警方法及装置。

背景技术

[0002] 随着车联网技术C-V2X (Cellular Vehicle to Everything,车用无线通信)的迅速发展,汽车基于C-V2X技术感知外界的能力,越来越强。相比于DSRC (Dedicated Short Range Communication,专用短程通信)技术,C-V2X具有高可靠性、低延时、更好的远距离传输可达性特点,因此基于C-V2X的汽车主动安全越来越受到重视。比起摄像头、雷达等传统的车辆环境感知方案,C-V2X 受环境变化影响小,在视线遮挡、雨天雾天等恶劣环境下仍能稳定工作。

[0003] 前向碰撞预警对于驾驶员安全具有重要的意义。目前,传统的前向碰撞预警主要应用于直道行驶中,仅依靠雷达和摄像头进行目标车辆的识别,却存在以下几点缺陷:(1)在天气不佳的情况下,容易造成目标车辆的丢失;(2)若应用于弯道行驶中,在车辆刚进入弯道时可能识别的是相邻车道的车辆具有碰撞威胁,却没有识别到本车道车辆;(3)若应用于连续弯道行驶中,因周边物体的遮挡而无法识别远车,一旦本车道的前方车辆无法识别,就会导致前向碰撞预警漏报或者误报,不利于车辆行驶安全;(4)没有考虑预警消息的发送频率,导致预警功能的体验不佳。

[0004] 因此,亟需一种车辆前向碰撞预警方法,适用于各种道路形状下对目标车辆的准确识别来实现前向碰撞预警,大大提高车辆的行驶安全性。

发明内容

[0005] 本发明实施例所要解决的技术问题在于,提供一种车辆前向碰撞预警方法及装置,基于C-V2X技术对各种道路形状下目标车辆的准确识别来实现前向碰撞预警,大大提高车辆的行驶安全性。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明实施例提供了一种车辆前向碰撞预警方法,用于主车在道路行驶过程中通过C-V2X技术对同车道和/或相邻车道的前向远车进行前向碰撞预警监测,所述方法包括以下步骤:

[0007] 所述主车周期性接收行驶道路周边预设路侧单元发送的V2I信息、同车道前向远车发送的V2V信息,或/及相邻车道前向远车在提供转向信号后所发送的 V2V信息,并根据所接收的V2I信息以及V2V信息对与同车道前向远车之间的碰撞风险,或/及与提供转向信号的相邻车道前向远车之间的碰撞风险进行检测;

[0008] 所述主车获得与同车道前向远车和/或与提供转向信号的相邻车道前向远车之间存在碰撞风险时的碰撞时间,并筛选出最小碰撞时间;

[0009] 所述主车获得当前道路行驶工况及其对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线,并根据所筛选的最小碰撞时间,在所获得的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线中查找相应的前向碰撞概率,且待判定所查找的前向碰撞概率大于等于相应预设阈值后,向主车驾驶

员发出前向碰撞预警；其中，所述当前道路行驶工况为城市拥堵工况、城市郊区工况、高速工况之其一。

[0010] 其中，所述主车获得当前道路行驶工况的步骤，具体包括：

[0011] 所述主车获取与车速关联的特征参数，并获得每一个特征参数的参数值；

[0012] 所述主车以所获取的特征参数为输入，并以城市拥堵工况、城市郊区工况及高速工况为输出标签，构建学习向量量化神经网络；

[0013] 所述主车将所获得的每一个特征参数的参数值均导入所述学习向量量化神经网络中进行计算，输出相应标签作为当前道路行驶工况。

[0014] 其中，所述特征参数包括平均车速、最高车速、最大加速度、加速度平均值、最大减速度、减速度平均值、怠速时间比例、加速时间比例、减速时间比例、匀速时间比例及怠速的次数。

[0015] 其中，所述主车通过下述方式来获得相邻车道前向远车所提供转向信号，具体为：

[0016] 根据相邻车道前向远车所提供的V2V信息中的方向盘的转动方向，并将其转动角度与预定角度进行比较来获得的；和/或

[0017] 通过识别相邻车道前向远车转向灯开启方向来获得的。

[0018] 其中，所述方法进一步包括：

[0019] 所述主车通过CAN总线向中控界面发送碰撞预警画面和/或语音提示给主车驾驶员。

[0020] 其中，根据所接收的V2I信息以及V2V信息对与同车道前向远车之间的碰撞风险，或/及与提供转向信号的相邻车道前向远车之间的碰撞风险进行检测的步骤，均具体通过以下方式实现：

[0021] 所述主车根据所述预设路侧单元发送的V2I信息以及当前所检测前向远车发送的V2V信息，并结合所述主车自身的V2V信息，通过矢量法迭代计算两车相对距离的矢量投影值及预警距离阈值的矢量投影值；

[0022] 所述主车若判断出某次迭代计算得到的两车相对距离的矢量投影值小于等于预警距离阈值的矢量投影值，则终止迭代计算，并认定与当前所检测前向远车存在碰撞风险，且得到与当前所检测前向远车之间的碰撞时间；

[0023] 所述主车若判断出每次迭代计算得到的两车相对距离的矢量投影值均大于预警距离阈值的矢量投影值，直至迭代计算执行完毕，则认定与当前所检测前向远车不存在碰撞风险。

[0024] 本发明实施例还提供了一种车辆前向碰撞预警装置，用于主车在道路行驶过程中通过C-V2X技术对同车道和/或相邻车道的前向远车进行前向碰撞预警监测，包括碰撞风险检测单元、最小碰撞时间筛选单元和前向碰撞预警单元；其中，

[0025] 所述碰撞风险检测单元，用于所述主车周期性接收行驶道路周边预设路侧单元发送的V2I信息、同车道前向远车发送的V2V信息，或/及相邻车道前向远车在提供转向信号后所发送的V2V信息，并根据所接收的V2I信息以及V2V信息对与同车道前向远车之间的碰撞风险，或/及与提供转向信号的相邻车道前向远车之间的碰撞风险进行检测；

[0026] 所述最小碰撞时间筛选单元，用于所述主车获得与同车道前向远车和/或与提供转向信号的相邻车道前向远车之间存在碰撞风险时的碰撞时间，并筛选出最小碰撞时间；

[0027] 所述前向碰撞预警单元,用于所述主车获得当前道路行驶工况及其对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线,并根据所筛选的最小碰撞时间,在所获得的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线中查找相应的前向碰撞概率,且待判定所查找的前向碰撞概率大于等于相应预设阈值后,向主车驾驶员发出前向碰撞预警;其中,所述当前道路行驶工况为城市拥堵工况、城市郊区工况、高速工况之其一。

[0028] 其中,所述前向碰撞预警单元包括:

[0029] 道路行驶工况获取模块,用于所述主车获得当前道路行驶工况;其中,所述当前道路行驶工况为城市拥堵工况、城市郊区工况、高速工况之其一;

[0030] 前向碰撞预警模块,用于所述主车根据当前道路行驶工况,获得当前道路行驶工况的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线,并根据所筛选的最小碰撞时间,在所获得的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线中查找相应的前向碰撞概率,且待判定所查找的前向碰撞概率大于等于相应预设阈值后,向主车驾驶员发出前向碰撞预警。

[0031] 其中,所述道路行驶工况获取模块包括:

[0032] 特征参数获取子模块,用于所述主车获取与车速关联的特征参数,并获得每一个特征参数的参数值;

[0033] 神经网络构建子模块,用于所述主车以所获取的特征参数为输入,并以城市拥堵工况、城市郊区工况及高速工况为输出标签,构建学习向量量化神经网络;

[0034] 道路行驶工况输出子模块,用于所述主车将所获得的每一个特征参数的参数值均导入所述学习向量量化神经网络中进行计算,输出相应标签作为当前道路行驶工况。

[0035] 其中,所述特征参数包括平均车速、最高车速、最大加速度、加速度平均值、最大减速度、减速度平均值、怠速时间比例、加速时间比例、减速时间比例、匀速时间比例及怠速的次数。

[0036] 实施本发明实施例,具有如下有益效果:

[0037] 1、本发明基于C-V2X技术并结合路测单元RSU(Road Side Unit)提供的 V2I信息,对各种道路行驶状况下与同车道和/或相邻车道前向远车之间的碰撞风险进行实时监测,且在同车道和/或相邻车道前向远车之中任意一个存在碰撞风险情况下,发出前向碰撞预警,从而实现各种道路形状下目标车辆的准确识别来实现前向碰撞预警,大大提高车辆的行驶安全性;

[0038] 2、本发明对车辆的识别受天气等因素影响较小,只依赖于车辆状态数据而不依赖于道路曲率信息,从而提高了行车安全性与舒适性。

附图说明

[0039] 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,在不付出创造性劳动性的前提下,根据这些附图获得其他的附图仍属于本发明的范畴。

[0040] 图1为本发明实施例提供的车辆前向碰撞预警方法的流程图;

[0041] 图2为本发明实施例提供的车辆前向碰撞预警方法中对弯道行驶的主车与远车进行碰撞风险计算的一矢量分析图;

[0042] 图3为本发明实施例提供的车辆前向碰撞预警方法中对弯道行驶的主车与远车进行碰撞风险计算的另一矢量分析图；

[0043] 图4为本发明实施例提供的车辆前向碰撞预警方法中远车相对于主车的相对方位的矢量坐标图；

[0044] 图5a~5c为本发明实施例提供的车辆前向碰撞预警方法中主车在各种道路行驶工况下得到的车速随时间变化的曲线图；其中，2a为城市拥堵工况，2b为城市郊区工况，2c为高速工况；

[0045] 图6为本发明实施例提供的车辆前向碰撞预警方法中对主车在高速工况下得到的车速随时间变化曲线进行复合等分分析的示意图；

[0046] 图7为本发明实施例提供的车辆前向碰撞预警方法中主车所构建的学习向量量化神经网络的架构图；

[0047] 图8为本发明实施例提供的车辆前向碰撞预警方法中各种道路行驶工况下前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线图；

[0048] 图9为本发明实施例提供的车辆前向碰撞预警装置的结构示意图。

具体实施方式

[0049] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明作进一步地详细描述。

[0050] 如图1所示，为本发明实施例中，提供的一种车辆前向碰撞预警方法，其在道路（如直道、弯道等）行驶过程中通过C-V2X技术对同车道和/或相邻车道的前向远车进行实时监测的主车上实现，所述方法包括以下步骤：

[0051] 步骤S1、所述主车周期性接收行驶道路周边预设路侧单元发送的V2I信息、同车道前向远车发送的V2V信息，或/及相邻车道前向远车在提供转向信号后所发送的V2V信息，并根据所接收的V2I信息以及V2V信息对与同车道前向远车之间的碰撞风险，或/及与提供转向信号的相邻车道前向远车之间的碰撞风险进行检测；

[0052] 具体过程为，首先，主车根据行驶道路周边预设路侧单元发送的V2I信息以及所有前向远车发送的V2V信息，对前向远车相对于主车的相对方位进行判别。

[0053] 其次，主车碰撞风险检测的应用场景，包括主车道、左车道及右车道之中任一条单车道上前向远车或多条车道上前向远车的前碰风险进行检测。如，若判定仅有同车道前向远车时，则只需检测同车道前向远车之间的碰撞风险（即前碰风险）；又如，若判定仅有相邻车道前向远车（如左车道前方远车或右车道前方远车），则只需在相邻车道前向远车发出转向信号后，检测提供转向信号的相邻车道前向远车之间的碰撞风险（即左前碰风险和/或右前碰风险）；又如，若判定不仅有同车道前向远车，还有相邻车道前向远车，则需检测同车道前向远车之间的碰撞风险（即前碰风险），还需在相邻车道前向远车发出转向信号后，检测提供转向信号的相邻车道前向远车之间的碰撞风险（即左前碰风险和/或右前碰风险）。

[0054] 其中，转向信号是主车通过识别相邻车道前向远车方向盘的转动方向及其转动角度超过预定角度来获得的，和/或通过识别相邻车道前向远车转向灯开启方向来获得的。例如，左车道前向远车开启右转向灯，和/或方向盘右转且右转角度大于15度，则说明左车道前向远车即将并道进入主车行驶的道路；又如，右车道前向远车开启左转向灯，和/或方向

盘左转且左转角度大于15度,则说明右车道前向远车即将并道进入主车行驶的道路。

[0055] 以同车道前向远车作为当前所检测前向远车为例,对任一前向远车之间的碰撞风险检测进行详细说明,具体如下:

[0056] (1) 主车根据预设路侧单元(如移动通信基站等)发送的V2I信息以及当前所检测远车发送的V2V信息,并结合主车自身的V2V信息,通过矢量法迭代计算两车相对距离的矢量投影值及预警距离阈值的矢量投影值;其中,V2I信息包括但不限于行驶道路周边路口信息、道路信息和红绿灯信息等,因此在V2I信息中可以提取主车及任一远车的车道信息;V2V信息包括但不限于位置坐标、航向角、横摆角、方向盘转角、车速、加速度;

[0057] (2) 主车若判断出某次迭代计算得到的两车相对距离的矢量投影值小于等于预警距离阈值的矢量投影值,则终止迭代计算,并认定与当前所检测前向远车存在碰撞风险,且得到与当前所检测前向远车之间的碰撞时间;或若判断出每次迭代计算得到的两车相对距离的矢量投影值均大于预警距离阈值的矢量投影值,直至迭代计算执行完毕,则认定与当前所检测前向远车不存在碰撞风险。

[0058] 对于相邻车道前向远车的碰撞风险,只不过需要预先接收到相邻车道前向远车提供的转向信号后,才能采用类似上述(1)~(2)步骤来实现,在此不再赘述。

[0059] 在一个实施例中,如图2和图3所示,以弯道行驶的主车及其同车道的前方远车为例,通过矢量法对二者的碰撞风险进行计算,具体如下:

[0060] 弯道行驶中的远车RV(Remote Vehicle)与主车HV(Host Vehicle)同车道并位于主车HV前方,且主车HV和远车RV的车速分别 V_{HV} 、 V_{RV} ,方向盘转角 St_{HV} 、 St_{RV} ,车头方向角为 H_{HV} 、 H_{RV} (车头方向角以车头前进方向与大地坐标系Y轴的夹角,逆时针为正), α_{HV} 、 α_{RV} 为主车HV与远车RV的转向角(转向角以顺时针方向为正,逆时针方向为负),将矢量车速 \vec{v}_{HV} 在 B_1 为起始点, α_{HV} 转动。此时,主车HV和远车RV之间的碰撞风险检测,其目的就是找到远车RV相对于主车HV在单位时间内距离主车HV的距离,即在图2和图3中找到两车相对距离的矢量投影值 $_{DCPA_i}$;其中, $i=1\sim n$;n为迭代计算总次数。

[0061] 若 $n=1$,则在图2中,远车RV相对于主车HV行驶车速为 $\vec{RV P_1}$,两车相对距离矢量 \vec{RVHV} 在 $\vec{RV P_1}$ 的矢量投影为 $\vec{RVA_1}$,其中,投影 $\vec{RVA_1}$ 的计算公式如下:

$$[0062] \quad |\vec{RVA_1}| = |\vec{RVHV}| \cos \theta_1 \quad (1)$$

[0063] 其中, θ_1 为矢量 $\vec{RV P_1}$ 与 \vec{RVHV} 的夹角, A_1 为投影点;

$$[0064] \quad \text{这里} \cos \theta_1 = \frac{\vec{RVHV} \cdot \vec{RV P_1}}{|\vec{RVHV}| \cdot |\vec{RV P_1}|} \quad (2)$$

$$[0065] \quad \text{因此} |\vec{RVA_1}| = \frac{\vec{RVHV} \cdot \vec{RV P_1}}{|\vec{RV P_1}|} \quad (3)$$

$$[0066] \quad \text{则} \vec{RVA_1} = |\vec{RVA_1}| \cdot \frac{\vec{RV P_1}}{|\vec{RV P_1}|} = \frac{\vec{RVHV} \cdot \vec{RV P_1}}{|\vec{RV P_1}|^2} \cdot \vec{RV P_1} \quad (4)$$

[0067] 因此,为找到主车HV到远车RV的最短距离,那么此时就是一个典型的数学问题,即线段外一点主车HV到线段 $\overline{RVP_1}$ 的最短距离。

[0068] 由于无论主车HV在线段 $\overline{RVP_1}$ 的哪一个位置,公式(4)都成立,因此

[0069] 可设定系数 $S_1 = \frac{\overline{RVHV} \cdot \overline{RVP_1}}{|\overline{RVP_1}|^2}$, 则

$$[0070] \quad DCPA_1 = \begin{cases} \overline{RVHV}, & S_1 \leq 0 \\ \overline{HVA_1}, & 0 < S_1 < 1 \\ \overline{HVP_1}, & S_1 \geq 1 \end{cases} \quad (5)$$

$$[0071] \quad \overline{RVA_1} = \begin{cases} 0, & S_1 \leq 0 \\ \frac{\overline{RVHV} \cdot \overline{RVP_1}}{|\overline{RVP_1}|}, & 0 < S_1 < 1 \\ \overline{RVP_1}, & S_1 \geq 1 \end{cases} \quad (6)$$

[0072] 其中, B_1 点坐标表示为:

$$[0073] \quad \begin{aligned} B_{x,1} &= X_{RV} + |\overline{V_{RV,1}}| \sin(H_{RV,1} + \alpha_{RV,1}) \Delta t + \frac{1}{2} a_{RV,1} \sin(H_{RV,1} + \alpha_{RV,1}) \Delta t^2 \\ B_{y,1} &= Y_{RV} + |\overline{V_{RV,1}}| \cos(H_{RV,1} + \alpha_{RV,1}) \Delta t + \frac{1}{2} a_{RV,1} \cos(H_{RV,1} + \alpha_{RV,1}) \Delta t^2 \end{aligned} \quad (7)$$

[0074] 则 P_1 坐标表示为:

$$[0075] \quad \begin{aligned} P_{1,x} &= B_{x,1} - |\overline{V_{HV,1}}| \sin(-H_{HV,1} + \alpha_{HV}) \Delta t + \frac{1}{2} a_{HV,1} \sin(-H_{HV,1} + \alpha_{HV,1}) \Delta t^2 \\ P_{1,y} &= B_{y,1} - |\overline{V_{HV,1}}| \cos(-H_{HV,1} + \alpha_{HV}) \Delta t + \frac{1}{2} a_{HV,1} \cos(-H_{HV,1} + \alpha_{HV,1}) \Delta t^2 \end{aligned} \quad (8)$$

[0076] 表示的物理意义是:如果 A_1 在向量 $\overline{RVP_1}$ 上,那么该点即为在第一次循环 $n=1$ 时,远车RV相对于主车HV最近距离点为 CPA_1 为向量 $\overline{HVA_1}$,即为 $DCPA_1$;如果 A_1 点在 $\overline{RVP_1}$ 的延长线上,用 $\overline{HVP_1}$ 表示 $DCPA_1$;如果 A_1 在 $\overline{RVP_1}$ 的延长线上,那么用 \overline{RVHV} 表示 $DCPA_1$ 。

[0077] 同时,得到前向碰撞的预警距离阈值 $d_{w,1} = 3V_{rel} + 0.4905V_{HV}$;其中 V_{rel} 为主车HV与远车RV的相对车速。

[0078] 若 $DCPA_1 \leq d_{w,1}$,则认定主车HV与远车RV存在碰撞风险,即前向碰撞风险,并计算出碰撞时间 $T_{warning}$;否则,若 $DCPA_1 > d_{w,1}$,则认定主车HV与远车RV不存在碰撞风险。

[0079] 可以理解的是,根据公式(7)~(8),可以得到推导出 B_n 点基于GPS坐标系(全局坐标系)的坐标:

$$\begin{aligned}
[0080] \quad B_{x,n} &= X_{RV} + \left| \overrightarrow{V_{RV,n}} \right| \sin(H_{RV,n} + \alpha_{RV,n}) \Delta t + \frac{1}{2} a_{RV,n} \sin(H_{RV,n} + \alpha_{RV,n}) \Delta t^2 \\
B_{y,n} &= Y_{RV} + \left| \overrightarrow{V_{RV,n}} \right| \cos(H_{RV,n} + \alpha_{RV,n}) \Delta t + \frac{1}{2} a_{RV,n} \cos(H_{RV,n} + \alpha_{RV,n}) \Delta t^2
\end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
[0081] \quad \left| \overrightarrow{V_{RV,n}} \right| &= \left| \overrightarrow{V_{RV,0}} \right| + n \left| \overrightarrow{a_{RV,0}} \right| \Delta t \\
\text{其中, } a_{RV,n} &= n a_{RV,0} \\
\alpha_{RV,n} &= n \alpha_{RV,0}
\end{aligned} \quad (10)$$

[0082] $\overrightarrow{V_{RV,0}}$ 为远车RV初始状态的速度矢量; $\overrightarrow{a_{RV,0}}$ 为远车RV初始状态的加速度矢量; $\alpha_{RV,0}$ 为远车RV初始状态的转向角, 由于V2X应用层国标中规定了可以从整车总线上获得远车RV方向盘转角 St_{RV} , 则远车RV车轮转向角 $\alpha_{RV} = \frac{St_{RV}}{i_{RV}}$; 其中, i_{RV} 为远车RV的转向传动比。

[0083] 同时, 得到 P_n 点基于GPS坐标系(全局坐标系)的坐标:

$$\begin{aligned}
[0084] \quad P_{n,x} &= B_{x,n} - \left| \overrightarrow{V_{HV,n}} \right| \sin(-H_{HV,n} + \alpha_{HV,n}) \Delta t + \frac{1}{2} a_{HV,n} \sin(-H_{HV,n} + \alpha_{HV,n}) \Delta t^2 \\
P_{n,y} &= B_{y,n} - \left| \overrightarrow{V_{HV,n}} \right| \cos(-H_{HV,n} + \alpha_{HV,n}) \Delta t + \frac{1}{2} a_{HV,n} \cos(-H_{HV,n} + \alpha_{HV,n}) \Delta t^2
\end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned}
[0085] \quad \left| \overrightarrow{V_{HV,n}} \right| &= \left| \overrightarrow{V_{HV,0}} \right| + n \left| \overrightarrow{a_{HV,0}} \right| \Delta t \\
\text{其中: } a_{HV,n} &= n a_{HV,0} \quad \text{为主车HV初始状态的速度矢量; } \overrightarrow{a_{HV,0}} \text{ 为主车HV初始状态的加速度矢量;} \\
\alpha_{HV,n} &= n \alpha_{HV,0} \quad ; \quad \overrightarrow{V_{HV,0}} \text{ 为主车HV初始状态的转向角,}
\end{aligned}$$

由于V2X应用层国标中规定了可以从整车总线上获得主车HV方向盘转角 St_{HV} , 则主车HV车轮转向角 $\alpha_{HV} = \frac{St_{HV}}{i_{HV}}$; 其中, i_{HV} 为主车HV的转向传动比。

[0086] 若 $n=3$, 在图3中, 远车RV相对于主车HV的合速度为在 $n=1$ 时, 为 $\overrightarrow{RVP_1}$; $n=2$ 时, 为 $\overrightarrow{P_1P_2}$; $n=3$ 时, 为 $\overrightarrow{P_2P_3}$; 将 $\overrightarrow{RVP_1}$ 、 $\overrightarrow{P_1P_2}$ 、 $\overrightarrow{P_2P_3}$ 分别投影到矢量 \overrightarrow{RVHV} 、 $\overrightarrow{P_1HV}$ 、 $\overrightarrow{P_2HV}$ 上; 由于 $\overrightarrow{B_1P_1}$ 、 $\overrightarrow{B_2P_2}$ 、 $\overrightarrow{B_3P_3}$ 与主车HV的车速矢量 $\overrightarrow{HVT_1}$ 、 $\overrightarrow{T_1T_2}$ 、 $\overrightarrow{T_2T_3}$ 大小相等, 方向相反。

[0087] 因此在每一个时间间隔 Δt 内(设置 $\Delta t=1s$) 时, 每一步的预警距离阈值 $d_{w,1}$ 、 $d_{w,2}$ 、 $d_{w,3}$ 分别为:

$$\begin{aligned}
[0088] \quad d_{w,1} &= 3 \left| \overrightarrow{RVP_1} \right| \cos(\overrightarrow{RVP_1}, \overrightarrow{RVHV}) - 0.4905 \left| \overrightarrow{B_1P_1} \right| \cos(\overrightarrow{B_1P_1}, \overrightarrow{RVHV}) \\
d_{w,2} &= 3 \left| \overrightarrow{P_1P_2} \right| \cos(\overrightarrow{P_1P_2}, \overrightarrow{P_1HV}) - 0.4905 \left| \overrightarrow{B_2P_2} \right| \cos(\overrightarrow{B_2P_2}, \overrightarrow{P_1HV}) \\
d_{w,3} &= 3 \left| \overrightarrow{P_2P_3} \right| \cos(\overrightarrow{P_2P_3}, \overrightarrow{P_2HV}) - 0.4905 \left| \overrightarrow{B_3P_3} \right| \cos(\overrightarrow{B_3P_3}, \overrightarrow{P_2HV})
\end{aligned} \quad (12)$$

[0089] 则在 $n=n$ 时,

$$[0090] \quad d_{w,n} = 3 \left| \overrightarrow{P_{n-1}P_n} \right| \cos(\overrightarrow{P_{n-1}P_n}, \overrightarrow{P_{n-1}HV}) - 0.4905 \left| \overrightarrow{B_nP_n} \right| \cos(\overrightarrow{B_nP_n}, \overrightarrow{P_{n-1}HV}) \quad (13)$$

[0091] 其中 $(\overrightarrow{P_{n-1}P_n}, \overrightarrow{P_{n-1}HV})$ 为 $\overrightarrow{P_{n-1}P_n}$ 与 $\overrightarrow{P_{n-1}HV}$ 的夹角; $(\overrightarrow{B_nP_n}, \overrightarrow{P_{n-1}HV})$ 为 $\overrightarrow{B_nP_n}$ 与 $\overrightarrow{P_{n-1}HV}$ 的夹角;

[0092] 若 $DCPA_3 \leq d_{w,3}$,则认定主车HV与远车RV存在碰撞风险,即前向碰撞风险,得到碰撞

$$\text{时间 } T_{\text{warning}} = \left\{ \frac{\left| \overrightarrow{P_2A_3} \right|}{\left| \overrightarrow{P_2P_3} \right|} + 3 \right\} \Delta t; \text{ 否则, 若 } DCPA_3 > d_{w,3}, \text{ 则认定主车HV与远车RV不存在碰撞风}$$

险。

[0093] 以此类推,若在矢量计算的迭代总次数 n 内,如果 $DCPA_n \leq d_{w,n}$,则停止迭代计算,此时可以得出主车HV在未来 T_{warning} 时间后,与远车RV存在碰撞风险,即有前向碰撞风险;反之,则不存在碰撞风险。

[0094] 其中根据公式(5)(6)可知,第 n 次迭代计算时,

$$[0095] \quad S_n = \frac{\overrightarrow{P_{n-1}HV} \cdot \overrightarrow{P_{n-1}P_n}}{\left| \overrightarrow{P_{n-1}P_n} \right|^2} \quad (14)$$

$$[0096] \quad DCPA_n = \begin{cases} \left| \overrightarrow{P_{n-1}HV} \right|, & S_n \leq 0 \\ \left| \overrightarrow{HVA_n} \right|, & 0 < S_n < 1 \\ \left| \overrightarrow{HVP_n} \right|, & S_n \geq 1 \end{cases} \quad (15)$$

$$[0097] \quad \left| \overrightarrow{P_{n-1}A_n} \right| = \begin{cases} 0, & S_n \leq 0 \\ \frac{\overrightarrow{P_{n-1}HV} \cdot \overrightarrow{P_{n-1}P_n}}{\left| \overrightarrow{P_{n-1}P_n} \right|}, & 0 < S_n < 1 \\ \left| \overrightarrow{P_{n-1}P_n} \right|, & S_n \geq 1 \end{cases} \quad (16)$$

$$[0098] \quad T_{\text{warning}} = \left\{ \frac{\left| \overrightarrow{P_{n-1}A_n} \right|}{\left| \overrightarrow{P_{n-1}P_n} \right|} + n \right\} \Delta t \quad (17)$$

$$[0099] \quad \cos \theta_n = \frac{\overrightarrow{P_{n-1}HV} \cdot \overrightarrow{P_{n-1}P_n}}{\left| \overrightarrow{P_{n-1}HV} \right| \cdot \left| \overrightarrow{P_{n-1}P_n} \right|} \quad (18)$$

[0100] 即若 $\cos \theta_n \leq 0$,则主车HV与远车RV之间不存在碰撞风险,若 $\cos \theta_n > 0$,则主车HV与远车RV之间存在碰撞风险。

[0101] 可以理解的是,如图4所示,将当前远车RV通过坐标平移变换在主车HV的局部坐标系中,得到当前远车RV处于主车HV的方位;其中,坐标变换如公式(19)所示:

[0102]
$$\begin{aligned} x_{RV>HV} &= (X_{RV} - X_{HV}) \cos \theta + (Y_{RV} - Y_{HV}) \sin \theta \\ y_{RV>HV} &= (Y_{RV} - Y_{HV}) \cos \theta - (X_{RV} - X_{HV}) \sin \theta \end{aligned} \quad (19);$$

[0103] 其中, X_{HV} 表示主车质心在全局坐标下的横坐标值; X_{RV} 表示当前远车质心在全局坐标下的横坐标值; Y_{HV} 表示主车质心在全局坐标下的纵坐标值; Y_{RV} 表示当前远车质心在全局坐标下的纵坐标值; $x_{RV>HV}$ 表示当前远车相对于主车在全局坐标下的横坐标值; $y_{RV>HV}$ 表示当前远车相对于主车在全局坐标下的纵坐标值; θ 为主车从全球导航卫星系统定位GNSS上获得的罗盘角, 以逆时针为正方向。

[0104] 因此, 具体的远车RV相对于主车HV的方位为:

[0105]	判断条件	RV 相对 HV 的方位
	$-1 \leq y_{RV>HV} \leq 1 \ \& \ x_{RV>HV} \geq 0$	前方
	$y_{RV>HV} > 1 \ \& \ x_{RV>HV} \geq 0$	右前方
	$y_{RV>HV} < -1 \ \& \ x_{RV>HV} \geq 0$	左前方
	$-1 \leq y_{RV>HV} \leq 1 \ \& \ x_{RV>HV} \leq 0$	后方
	$y_{RV>HV} < -1 \ \& \ x_{RV>HV} \leq 0$	左后方
	$y_{RV>HV} > 1 \ \& \ x_{RV>HV} \leq 0$	右后方
	$y_{RV>HV} \leq -1 \ \& \ -1 \leq x_{RV>HV} \leq 1$	左方
[0106]	$y_{RV>HV} \geq 1 \ \& \ -1 \leq x_{RV>HV} \leq 1$	右方

[0107] 步骤S2、所述主车获得与同车道前向远车和/或与提供转向信号的相邻车道前向远车之间存在碰撞风险时的碰撞时间, 并筛选出最小碰撞时间;

[0108] 具体过程为, 找到步骤S1中与所有存在碰撞风险前向远车之间的碰撞时间 T_{warning} 并按照大小进行排序, 筛选出最小的碰撞时间。应当说明是, 若仅有一个碰撞时间 T_{warning} , 则该碰撞时间 T_{warning} 为最小的碰撞时间。

[0109] 例如, 主车与同车道前向远车、左车道前向远车(提供转向信号)及右车道前向远车(提供转向信号)均存在碰撞风险, 则找出上述三个方位前向远车之间的最小碰撞时间; 又如, 主车与同车道前向远车及左车道前向远车(提供转向信号)存在碰撞风险, 则找出上述两个方位前向远车之间的最小碰撞时间; 又如, 主车仅与左车道前向远车(提供转向信号)存在碰撞风险, 则最小的碰撞时间就是与左车道前向远车之间的碰撞时间。

[0110] 步骤S3、所述主车获得当前道路行驶工况及其对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线, 并根据所筛选的最小碰撞时间, 在所获得的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线中查找相应的前向碰撞概率, 且待判定所查找的前向碰撞概率大于等于相应预设阈值后, 向主车驾驶员发出前向碰撞预警; 其中, 所述当前道路行驶工况为城市拥堵工况、城市郊区工况、高速工况之其一。

[0111] 具体过程为,首先,主车获得当前道路行驶工况,具体实现步骤如下:

[0112] 主车获取与车速关联的特征参数,并获得每一个特征参数的参数值;其中,特征参数包括但不限于平均车速、最高车速、最大加速度、加速度平均值、最大减速度、减速度平均值、怠速时间比例、加速时间比例、减速时间比例、匀速时间比例及怠速的次数;

[0113] 主车以所获取的特征参数为输入,并以城市拥堵工况、城市郊区工况及高速工况为输出标签,构建学习向量量化神经网络;

[0114] 主车将所获得的每一个特征参数的参数值均导入所述学习向量量化神经网络中进行计算,输出相应标签作为当前道路行驶工况;

[0115] 其次,主车根据当前道路行驶工况,在预设的关联曲线图(如图8所示)中获得当前道路行驶工况对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线;其中,预设的关联曲线图包括城市拥堵工况、城市郊区工况及高速工况各自对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线。

[0116] 最后,主车若获得城市拥堵工况对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线,则根据所筛选出的最小碰撞时间,在该城市拥堵工况对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线中查找相应的前向碰撞概率,并待判定所查找的前向碰撞概率大于等于第一预设阈值(如60%)后,通过CAN总线向中控界面发送碰撞预警画面和/或语音提示给主车驾驶员;或

[0117] 主车若获得城市郊区工况对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线,则根据所筛选出的最小碰撞时间,在该城市郊区工况对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线中查找相应的前向碰撞概率,并待判定所查找的前向碰撞概率大于等于第二预设阈值(如60%)后,通过CAN总线向中控界面发送碰撞预警画面和/或语音提示给主车驾驶员;或

[0118] 主车若获得高速工况对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线,则根据所筛选出的最小碰撞时间,在该高速工况对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线中查找相应的前向碰撞概率,并待判定所查找的前向碰撞概率大于等于第三预设阈值(如60%)后,通过CAN总线向中控界面发送碰撞预警画面和/或语音提示给主车驾驶员。

[0119] 应当说明的是,若最小碰撞时间超出当前驾驶工况对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线上碰撞时间限值时(即找不到相应的前向碰撞概率),则会认定前向碰撞概率为0,且认定主车与最小碰撞时间对应的前向远车之间不存在碰撞风险。

[0120] 可以理解的是,碰撞预警画面和/或语音提示包括最小碰撞时间及其对应的前向远车等信息。

[0121] 在一个实施例中,在实际道路行驶时,汽车所面临的道路行驶工况比较复杂,在实际行驶中可能在各种复杂的行驶工况中连续运行。按照车辆行驶场景的不同,将道路行驶工况分为3类:城市拥堵工况(如图5a所示)、城市郊区工况(如图5b所示)及高速工况(如图5c所示)。

[0122] 第一步、对于特征参数的提取,其原则是包含每个道路行驶工况的特征,但是特征参数选择过多,则会导致计算量的增大;特征参数选择过少,又会导致工况识别的误差较大,影响识别的精度。应当说明的是,特征参数是通过主车预置的行车软件来自动提取的。

[0123] 此时,选择具有代表性的11个特征参数:(1)按照公式(5-1)计算当前道路行驶工况的平均车速 $\overline{v_g}$; (2)按照公式(5-2)计算当前道路行驶工况的最高车速 v_{gmax} ; (3)按照公式(5-3)计算当前道路行驶工况的最大加速度 a_{gmax} ; (4)按照公式(5-4)计算当前道路行驶工况的

加速度平均值 $\overline{a_g}$; (5)按照公式(5-5)计算当前道路行驶工况的最大减速度 $d_{g\max}$, m/s²; (6)当前道路行驶工况的减速度平均值 d_g , m/s²; (7)怠速时间比例 r_i , 指工况怠速的时间在整个当前道路行驶工况总时间中所占的百分比; (8)加速时间比例 r_a , 表示工况加速的时间在整个当前道路行驶工况总时间中所占的百分比; (9)减速时间比例 r_d , 表示工况减速的时间在整个当前道路行驶工况总时间中所占的百分比; (10)匀速时间比例 r_c , 表示工况匀速的时间在整个当前道路行驶工况总时间中所占的百分比; (11)怠速的次数 f_i 。

$$[0124] \quad \overline{v_g} = \frac{\sum_{i=1}^{t_g} v_g}{t_g} \quad (5-1);$$

[0125] 式中: v_g 为每个时刻的当前道路行驶工况车速; t_g 为整个当前道路行驶工况的时刻数。

$$[0126] \quad v_{g\max} = \max(v_g) \quad (5-2);$$

$$[0127] \quad a_{g\max} = \max(a_g) \quad (5-3);$$

[0128] 式中: a_g 为当前道路行驶工况的加速度。

$$[0129] \quad \overline{a_g} = \frac{\sum_{i=1}^{t_g} a_g}{t_g} \quad (5-4);$$

$$[0130] \quad d_{g\max} = \max(d_g) \quad (5-5);$$

[0131] 式中: d_g 为当前道路行驶工况的减速度(加速度为负值)

$$[0132] \quad \overline{d_g} = \frac{\sum_{i=1}^{t_g} d_g}{t_g} \quad (5-6);$$

[0133] 根据研究成果,采用如图7的复合等分法,将当前道路行驶工况(高速工况)识别周期划分为120s的工况块,并且为增加测试数据量,将相邻工况块中点之间的工况块继续划分为一个工况块。

[0134] 第二步、构建学习向量量化神经网络。学习向量量化(Learning Vector Quantization, LVQ)神经网络是一种用于训练竞争层有监督学习方法的输入前向神经网络,目前已经在模式识别和优化领域得到广泛应用。LVQ神经网络主要由三部分组成:输入层、竞争层和线性输出层。其结构如图4所示,P为输入模式R维;R为输入训练样本的向量维数;上角标1、2表示竞争层和线性输出层;S表示神经元个数;n表示神经元的输入;a表示神经元输出; $IW^{(1,1)}$ 表示输入层和竞争层的连接权系数矩阵; $LW^{(2,1)}$ 表示竞争层和线性输出层的连接权系数矩阵; $||ndist||$ 表示两个多维度向量组的距离;compet(g)表示竞争层神经网络计算处理;purelin(g)表示线性输出层神经网络计算处理。

[0135] LVQ神经网络的竞争层神经元个数必须大于线性输出层神经元个数,因为每个竞争层神经元只能和一个线性输出层的神经元连接,并且其权值为1。但是线性输出层的神经

元可与多个竞争层神经元连接,且竞争层与输出层神经元之间的值只能为1或0。当某个数据样本通过输入层进入LVQ网络时,在竞争层中的,与输入模式距离最近的神经元被激活,状态变为“1”,同时与之相连接的输出层神经元被激活,状态变为“1”;但是其他竞争层的神经元和输出层神经元状态变为“0”。

[0136] LVQ神经网络算法步骤为:

[0137] ①初始化输入层和竞争层的权值 w_{ij} 及学习率 $\eta (\eta > 0)$;

[0138] ②将输入向量 $x = (x_1, x_2, \dots, x_R)^T$ 赋值给输入层,并计算竞争层神经元与输入向量的距离:

$$[0139] \quad d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^R (x_j - w_{ij})^2}, \text{其中 } i = 1, 2, \dots, S^1 \quad (5-7);$$

[0140] 式中, w_{ij} 表示输入层的神经元j和竞争层神经元i之间的权值。

[0141] ③如果 d_i 最小,选择与输入向量距离最小的竞争层神经元,并将与其相连接的线性输出层神经元的类标签为 C_i 。

[0142] ④记输入向量对应的类标签为 C_x ,如果 $C_i = C_x$,则调整权值:

$$[0143] \quad w_{ij_new} = w_{ij_old} + \eta (x - w_{ij_old}) \quad (5-8);$$

[0144] 否则调整权值为:

$$[0145] \quad w_{ij_new} = w_{ij_old} - \eta (x - w_{ij_old}) \quad (5-9);$$

[0146] 第三步、训练LVQ神经网络,并输出最终标签。选用11个特征参数,因此输入层有11个节点,线性输出层为3个神经元,代表3种道路行驶工况类型,1代表城市拥堵工况,2代表城市城郊工况,3代表高速工况。因此获得的11个特征参数的参数值全部导入学习向量量化神经网络中进行计算,输出的标签,即为当前道路行驶工况。

[0147] 第四步、得到当前道路行驶工况对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线。根据LVQ神经网络输出的结果,在预先设定的总曲线图中,包括城市拥堵工况、城市郊区工况及高速工况各自对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线,查找到最终所需的关联曲线。

[0148] 第五步、找前向碰撞概率,并判定是否向主车驾驶员发出前向碰撞预警。根据最小碰撞时间,在所查找到最终所需的关联曲线上,得到相应的前向碰撞概率,若判定所查找的前向碰撞概率大于等于最终所需的关联曲线对应预设的阈值,则通过CAN总线向中控界面发送碰撞预警画面和/或语音提示给主车驾驶员;反之,则不发送前向碰撞预警。

[0149] 如图9所示,为本发明实施例中,提供的一种车辆前向碰撞预警装置,用于主车在道路行驶过程中通过C-V2X技术对同车道和/或相邻车道的前向远车进行前向碰撞预警监测,包括碰撞风险检测单元110、最小碰撞时间筛选单元120和前向碰撞预警单元130;其中,

[0150] 所述碰撞风险检测单元110,用于所述主车周期性接收行驶道路周边预设路侧单元发送的V2I信息、同车道前向远车发送的V2V信息,或/及相邻车道前向远车在提供转向信号后所发送的V2V信息,并根据所接收的V2I信息以及V2V信息对与同车道前向远车之间的碰撞风险,或/及与提供转向信号的相邻车道前向远车之间的碰撞风险进行检测;

[0151] 所述最小碰撞时间筛选单元120,用于所述主车获得与同车道前向远车和/或与提供转向信号的相邻车道前向远车之间存在碰撞风险时的碰撞时间,并筛选出最小碰撞时

间;

[0152] 所述前向碰撞预警单元130,用于所述主车获得当前道路行驶工况及其对应的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线,并根据所筛选的最小碰撞时间,在所获得的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线中查找相应的前向碰撞概率,且待判定所查找的前向碰撞概率大于等于相应预设阈值后,向主车驾驶员发出前向碰撞预警;其中,所述当前道路行驶工况为城市拥堵工况、城市郊区工况、高速工况之其一。

[0153] 其中,所述前向碰撞预警单元130包括:

[0154] 道路行驶工况获取模块1301,用于所述主车获得当前道路行驶工况;其中,所述当前道路行驶工况为城市拥堵工况、城市郊区工况、高速工况之其一;

[0155] 前向碰撞预警模块1302,用于所述主车根据当前道路行驶工况,获得当前道路行驶工况的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线,并根据所筛选的最小碰撞时间,在所获得的前向碰撞概率与碰撞时间关联曲线中查找相应的前向碰撞概率,且待判定所查找的前向碰撞概率大于等于相应预设阈值后,向主车驾驶员发出前向碰撞预警。

[0156] 其中,所述道路行驶工况获取模块1301包括:

[0157] 特征参数获取子模块13011,用于所述主车获取与车速关联的特征参数,并获得每一个特征参数的参数值;

[0158] 神经网络构建子模块13012,用于所述主车以所获取的特征参数为输入,并以城市拥堵工况、城市郊区工况及高速工况为输出标签,构建学习向量量化神经网络;

[0159] 道路行驶工况输出子模块13013,用于所述主车将所获得的每一个特征参数的参数值均导入所述学习向量量化神经网络中进行计算,输出相应标签作为当前道路行驶工况。

[0160] 其中,所述特征参数包括平均车速、最高车速、最大加速度、加速度平均值、最大减速度、减速度平均值、怠速时间比例、加速时间比例、减速时间比例、匀速时间比例及怠速的次数。

[0161] 其中,所述转向信号是通过识别相邻车道前向远车方向盘的转动方向及其转动角度超过预定角度来获得的,和/或通过识别相邻车道前向远车转向灯开启方向来获得的。

[0162] 实施本发明实施例,具有如下有益效果:

[0163] 1、本发明基于C-V2X技术并结合路测单元RSU(Road Side Unit)提供的V2I信息,对各种道路行驶状况下与同车道和/或相邻车道前向远车之间的碰撞风险进行实时监测,且在同车道和/或相邻车道前向远车之中任意一个存在碰撞风险情况下,发出前向碰撞预警,从而实现各种道路形状下目标车辆的准确识别来实现前向碰撞预警,大大提高车辆的行驶安全性;

[0164] 2、本发明对车辆的识别受天气等因素影响较小,只依赖于车辆状态数据而不依赖于道路曲率信息,从而提高了行车安全性与舒适性。

[0165] 值得注意的是,上述装置实施例中,所包括的各个功能单元模块只是按照功能逻辑进行划分的,但并不局限于上述的划分,只要能够实现相应的功能即可;另外,各功能单元模块的具体名称也只是为了便于相互区分,并不用于限制本发明的保护范围。

[0166] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件来完成,所述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中,

所述的存储介质,如ROM/RAM、磁盘、光盘等。

[0167] 以上所揭露的仅为本发明较佳实施例而已,当然不能以此来限定本发明之权利范围,因此依本发明权利要求所作的等同变化,仍属本发明所涵盖的范围。

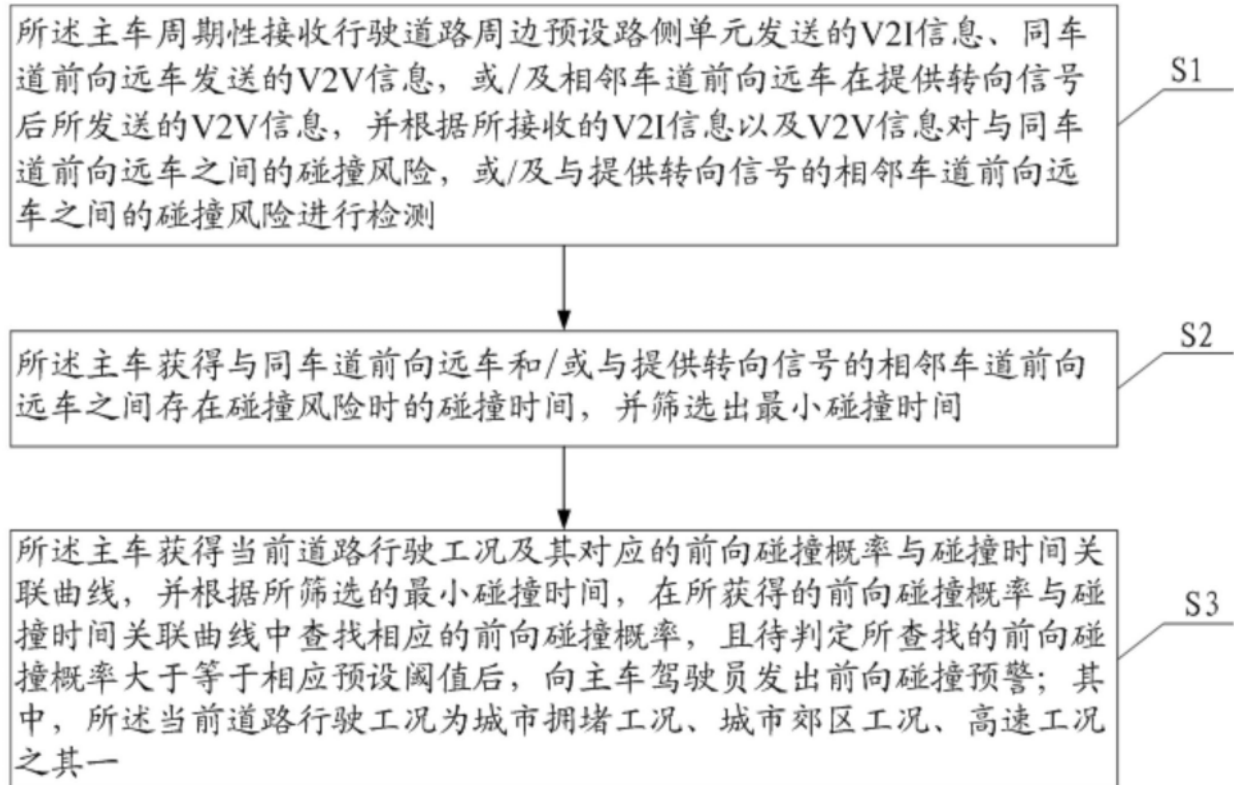


图1

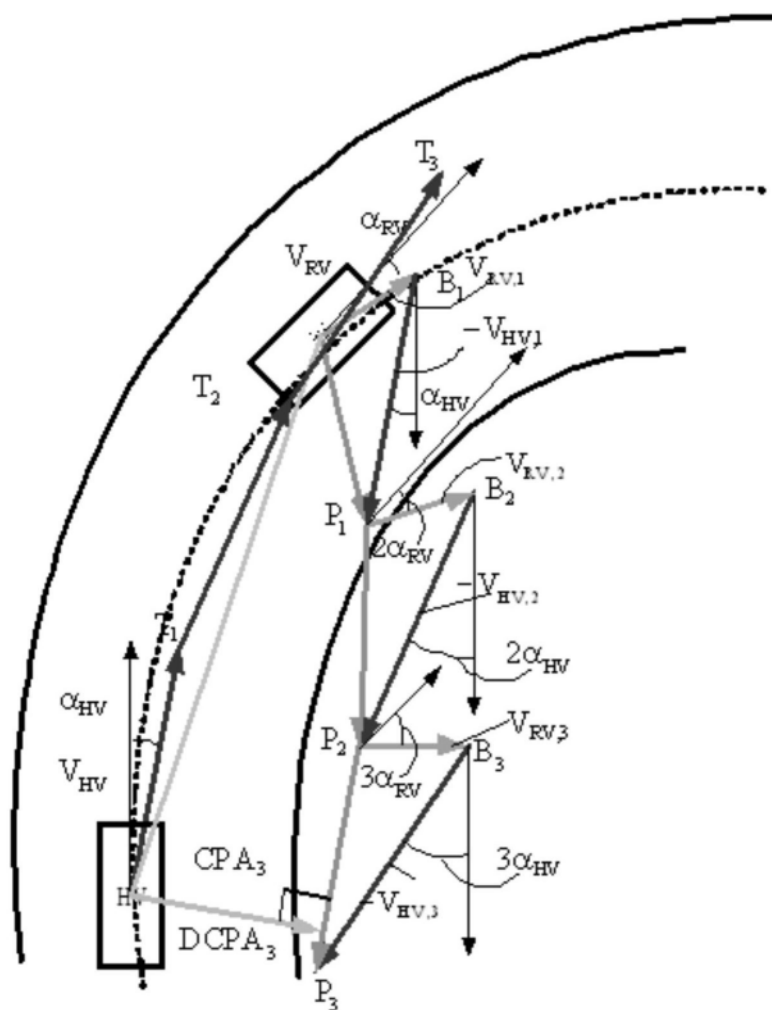


图3

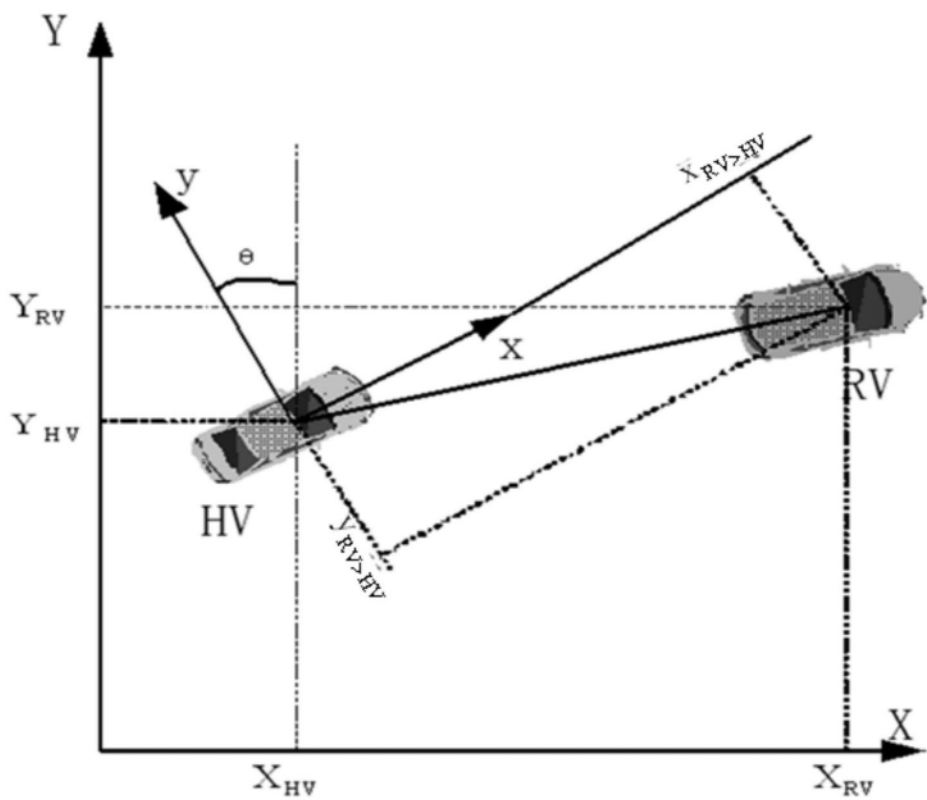


图4

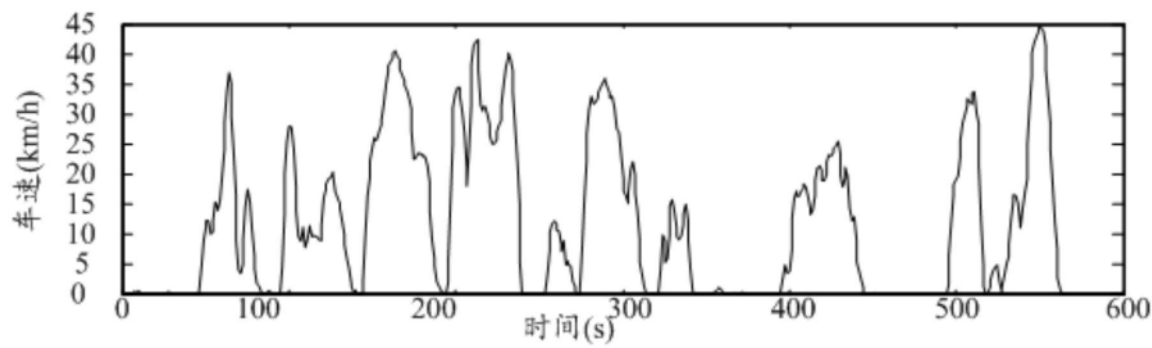


图5a

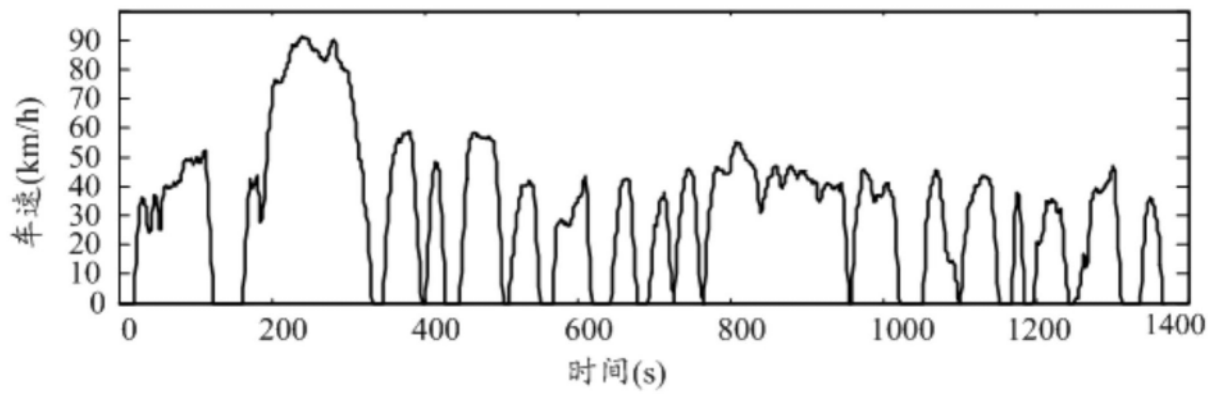


图5b

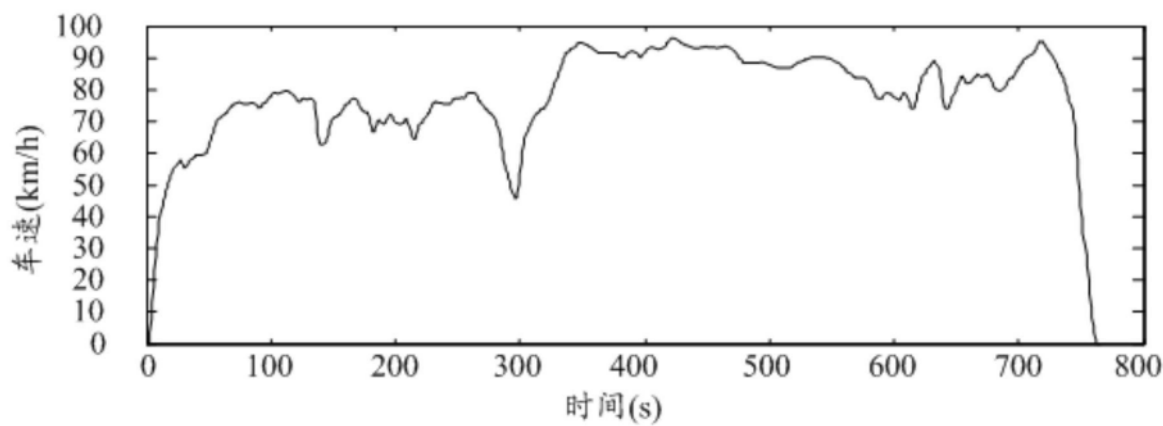


图5c

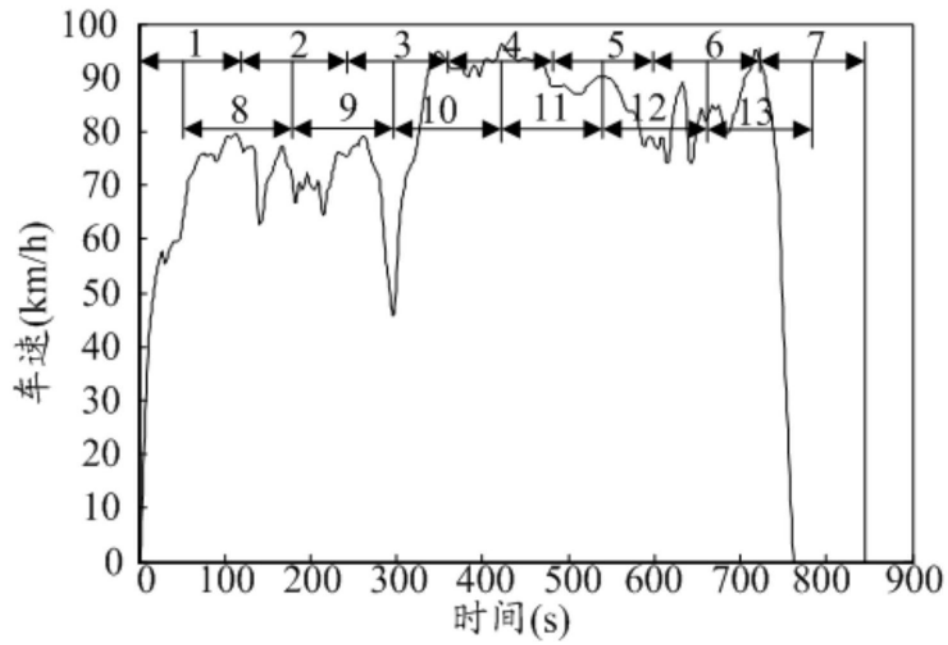


图6

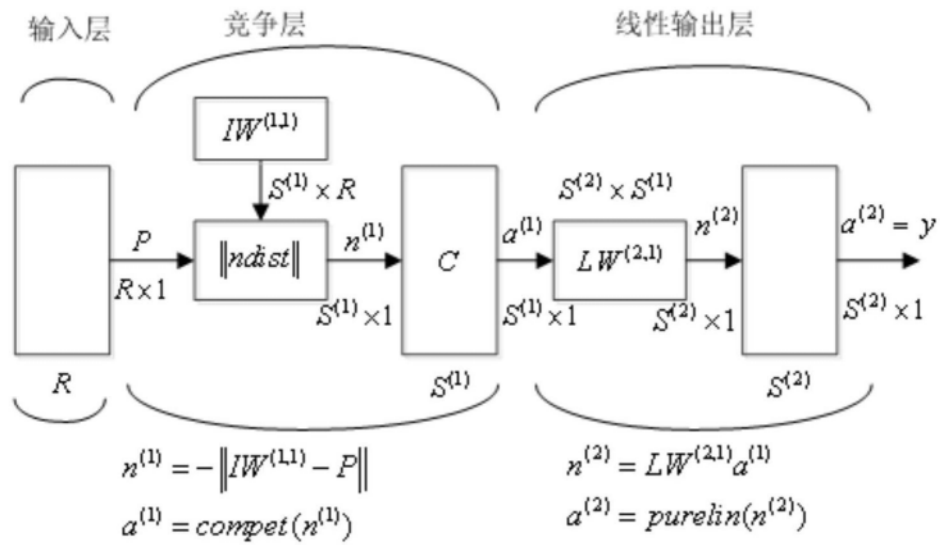


图7

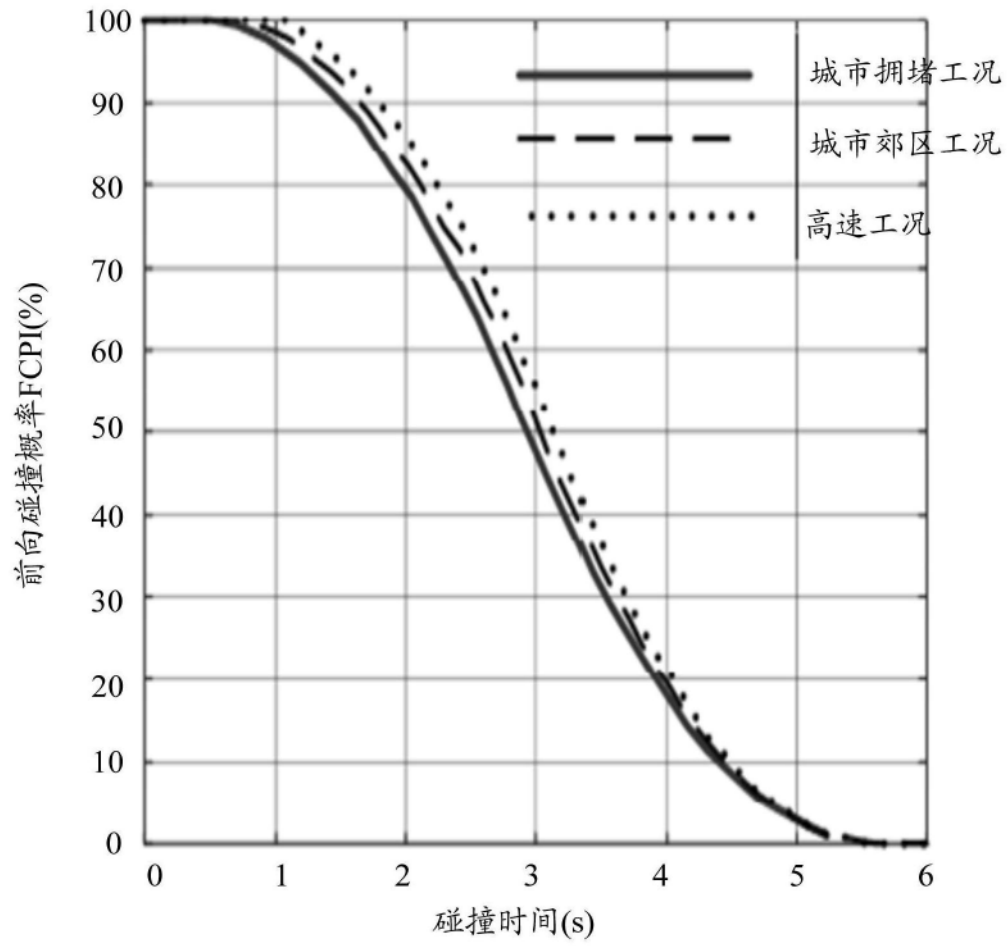


图8

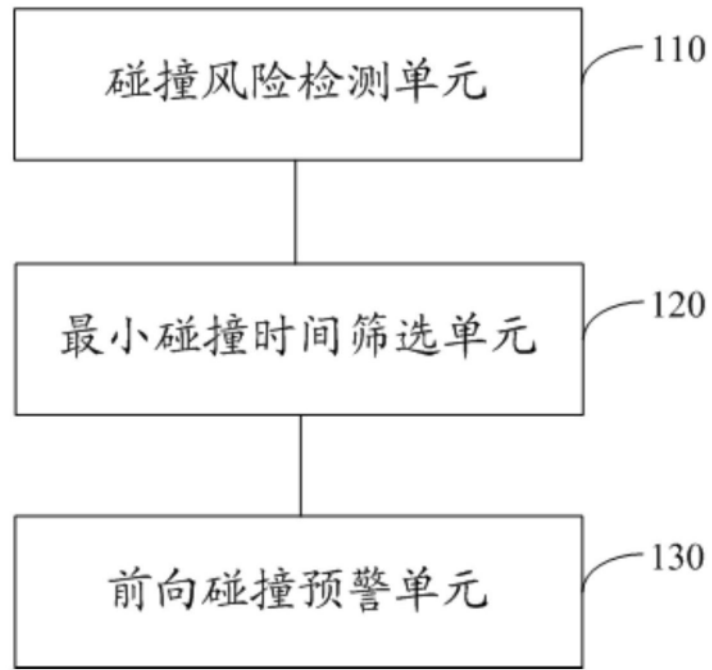


图9