



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113793534 A

(43) 申请公布日 2021.12.14

(21) 申请号 202111056727.8

(22) 申请日 2021.09.09

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园

(72) 发明人 张毅 田野 裴华鑫 李力

杨敬轩

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理

有限公司 11262

代理人 李丹 栗若木

(51) Int. Cl.

G08G 1/16 (2006.01)

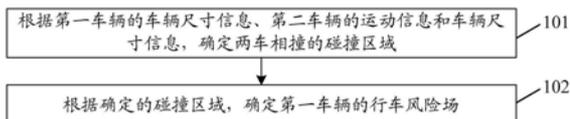
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

### (54) 发明名称

一种确定车路协同环境下行车风险场的方法和装置

### (57) 摘要

本文公开一种确定车路协同环境下行车风险场的方法和装置,包括:根据第一车辆的车辆尺寸信息、第二车辆的运动信息和车辆尺寸信息,确定两车相撞的碰撞区域;根据确定的碰撞区域,确定第一车辆的行车风险场;其中,第一车辆为自动驾驶车辆,第二车辆为距离第一车辆预设距离内的车辆。本发明实施例从自动驾驶车辆的视角实现了行车风险场的确定,提升了驾驶风险评估的准确性。



1. 一种确定车路协同环境下行车风险场的方法,包括:

根据第一车辆的车辆尺寸信息、第二车辆的运动信息和车辆尺寸信息,确定两车相撞的碰撞区域;

根据确定的碰撞区域,确定第一车辆的行车风险场;

其中,所述第一车辆为自动驾驶车辆,第二车辆为距离所述第一车辆预设距离内的车辆。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述碰撞区域包括:椭圆区域。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述碰撞区域的表达式包括:

$$\frac{p^2}{(l_1+l_2)^2} + \frac{q^2}{(w_1+l_2)^2} = \frac{1}{2};$$

其中, $l_1$ 表示所述第二车辆的长度, $w_1$ 表示所述第二车辆的宽度; $p = (x-x_0) \cos\alpha + (y-y_0) \sin\alpha$ ;  $q = (y-y_0) \cos\alpha + (x-x_0) \sin\alpha$ ;  $l_2$ 表示所述第一车辆的长度, $w_2$ 表示所述第一车辆的宽度; $x_0$ 和 $y_0$ 为所述第二车辆的质心在预设坐标系中的横坐标和纵坐标, $\alpha$ 为所述第二车辆的航向角。

4. 根据权利要求1~3任一项所述的方法,其特征在于,所述确定第一车辆的行车风险场,包括:

根据确定的所述碰撞区域确定所述第一车辆的动能场、势能场和行为场;

将确定的所述动能场、势能场和行为场累加,获得所述行车风险场。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述动能场 $V_k$ 的表达式为:

$$V_k = \begin{cases} \lambda_1(a_i \cdot m_i v_i^{b_i} + a_j \cdot m_j v_j^{b_j} + c_{ij}) e^{k_0[v_i(\cos\theta_0-1) + v_j(\cos\theta_h-1)]} \cdot e^{(-k_r \sqrt{d})}, & d \geq 0 \\ \lambda_1(a_i \cdot m_i v_i^{b_i} + a_j \cdot m_j v_j^{b_j} + c_{ij}), & d < 0 \end{cases}$$

其中, $d$ 表示所述第一车辆的质心与所述第二车辆的质心的连接线与所述碰撞区域的交点,到所述第一车辆的质心的距离; $m_i$ 为所述第二车辆的质量; $v_i$ 为所述第二车辆的速度; $m_j$ 为所述第一车辆的质量; $v_j$ 为所述第一车辆的速度; $\vec{r}_{ij}$ 表示所述第二车辆的质心到所述第一车辆的质心的矢量距离; $\theta_0$ 表示所述第二车辆的速度方向与 $\vec{r}_{ij}$ 方向的夹角; $\theta_h$ 表示所述第一车辆的速度方向与 $\vec{r}_{ij}$ 方向的夹角; $a_i$ 、 $b_i$ 、 $a_j$ 、 $b_j$ 、 $c_{ij}$ 、 $\lambda_1$ 、 $k_r$ 和 $k_0$ 为待定系数。

6. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述势能场 $V_p$ 的表达式为:

$$V_p = \begin{cases} \lambda_2 e^{k_0 v_j (\cos\theta_h-1)} \cdot e^{(-k_r \sqrt{d})}, & d \geq 0 \\ \lambda_2, & d < 0 \end{cases}$$

其中, $v_j$ 为所述第一车辆的速度; $\vec{r}_{ij}$ 表示所述第一车辆的质心到所述第二车辆的质心的矢量距离; $\theta_h$ 表示所述第一车辆的速度方向与 $\vec{r}_{ij}$ 方向的夹角;述 $\lambda_2$ 、 $k_r$ 和 $k_0$ 为待定系数。

7. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述行为场 $V_B$ 的表达式为:

$$V_B = \begin{cases} \lambda_3 \xi e^{k_0[v_i(\cos\theta_0-1) + v_j(\cos\theta_h-1)]} \cdot e^{(-k_r \sqrt{d})}, & d \geq 0 \\ \lambda_3 \xi, & d < 0 \end{cases}$$

其中, $v_i$ 为所述第二车辆的速度; $v_j$ 为所述第一车辆的速度; $\vec{r}_{ij}$ 表示所述第二车辆的质心到所述第一车辆的质心的矢量距离; $\theta_0$ 表示所述第二车辆的速度方向与 $\vec{r}_{ij}$ 方向的夹角; $\theta_h$ 表

示所述第一车辆的速度方向与所述 $\vec{r}_\#$ 方向的夹角; $\lambda_3$ 、 $k_r$ 和 $k_0$ 均为待定系数。

8. 一种计算机存储介质,所述计算机存储介质中存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1~7中任一项所述确定车路协同环境下行车风险场的方法。

9. 一种终端,包括:存储器和处理器,所述存储器中保存有计算机程序;其中,处理器被配置为执行存储器中的计算机程序;

所述计算机程序被所述处理器执行时实现如权利要求1~7中任一项所述确定车路协同环境下行车风险场的方法。

10. 一种确定车路协同环境下行车风险场的装置,包括:确定碰撞区域单元和确定风险场单元;其中,

确定碰撞区域单元设置为:根据第一车辆的车辆尺寸信息、第二车辆的运动信息和车辆尺寸信息,确定两车相撞的碰撞区域;

确定风险场单元设置为:根据确定的碰撞区域,确定第一车辆的行车风险场;

其中,所述第一车辆为自动驾驶车辆,第二车辆为距离所述第一车辆预设距离内的车辆。

## 一种确定车路协同环境下行车风险场的方法和装置

### 技术领域

[0001] 本文涉及但不限于自动驾驶技术,尤指一种确定车路协同环境下行车风险场的方法和装置。

### 背景技术

[0002] 智能车路协同系统采用先进的无线通信和新一代互联网等技术,全方位实现车车和车路动态实时信息交互,并在全时空动态交通信息采集与融合的基础上开展车路协同安全和道路协同控制,充分实现人、车和路的有效协同,从而形成安全、高效和环保的道路交通系统。车用无线通信技术(V2X,vehicle to everything)是车路协同的基础性平台。通过将车辆、行人和道路基础设施等互联,使得车辆具有更强的感知能力,实现与交通环境相结合的高精度定位、车辆实时动态运行信息交互、协同控制和协同安全等功能。

[0003] 与相关技术中的自动驾驶不同,基于车路协同系统的自动驾驶,通过车路协同系统的辅助,降低了对传感器精度和算法性能上的要求,是一种低成本、高精度和实时的自动驾驶解决方案。驾驶风险评估是保障自动驾驶安全性的一个重要环节;车路协同环境下,依赖于全时空交通信息交互与共享,可以实现道路全域驾驶风险评估。

[0004] 当前,行车风险场模型主要基于行车风险场(表征人-车-路各要素对车辆行驶安全性造成的风险度),以道路全域视角描述驾驶风险评估,行车风险场模型建立人-车-路闭环系统的行车风险场统一模型,包含由道路中机动车,非机动车等运动物体所决定的动能场、道路环境要素所决定的势能场和驾驶员个体特性所决定的行为场;上述驾驶风险评估的准确性较低,如何提升风险评估的准确性成为一个有待解决的问题。

### 发明内容

[0005] 以下是对本文详细描述的主题的概述。本概述并非是为了限制权利要求的保护范围。

[0006] 本发明实施例提供一种确定车路协同环境下行车风险场的方法和装置,能够提升驾驶风险评估的准确性。

[0007] 本发明实施例提供了一种确定车路协同环境下行车风险场的方法,包括:

[0008] 根据第一车辆的车辆尺寸信息、第二车辆的运动信息和车辆尺寸信息,确定两车相撞的碰撞区域;

[0009] 根据确定的碰撞区域,确定第一车辆的行车风险场;

[0010] 其中,所述第一车辆为自动驾驶车辆,第二车辆为距离所述第一车辆预设距离内的车辆。

[0011] 另一方面,本发明实施例还提供一种计算机存储介质,所述计算机存储介质中存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现上述确定车路协同环境下行车风险场的方法。

[0012] 再一方面,本发明实施例还提供一种终端,包括:存储器和处理器,所述存储器中

保存有计算机程序;其中,

[0013] 处理器被配置为执行存储器中的计算机程序;

[0014] 所述计算机程序被所述处理器执行时实现如上述确定车路协同环境下行车风险场的方法。

[0015] 还一方面,本发明实施例还提供一种确定车路协同环境下行车风险场的装置,包括:确定碰撞区域单元和确定风险场单元;其中,

[0016] 确定碰撞区域单元设置为:根据第一车辆的车辆尺寸信息、第二车辆的运动信息和车辆尺寸信息,确定两车相撞的碰撞区域;

[0017] 确定风险场单元设置为:根据确定的碰撞区域,确定第一车辆的行车风险场;

[0018] 其中,所述第一车辆为自动驾驶车辆,第二车辆为距离所述第一车辆预设距离内的车辆。

[0019] 本申请技术方案包括:根据第一车辆的车辆尺寸信息、第二车辆的运动信息和车辆尺寸信息,确定两车相撞的碰撞区域;根据确定的碰撞区域,确定第一车辆的行车风险场;其中,第一车辆为自动驾驶车辆,第二车辆为距离所述第一车辆预设距离内的车辆。本发明实施例从自动驾驶车辆的视角实现了行车风险场的确定,提升了驾驶风险评估的准确性。

[0020] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在说明书、权利要求书以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

## 附图说明

[0021] 附图用来提供对本发明技术方案的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本申请的实施例一起用于解释本发明的技术方案,并不构成对本发明技术方案的限制。

[0022] 图1为本发明实施例确定车路协同环境下行车风险场的方法的流程图;

[0023] 图2为本发明实施例碰撞区域的示意图;

[0024] 图3为本发明实施例行车风险场的三维视图;

[0025] 图4为本发明实施例行车风险场的等高线图;

[0026] 图5为本发明实施例确定车路协同环境下行车风险场的装置的结构框图;

[0027] 图6为本发明应用示例第一尺寸的第一车辆的行车风险场的三维视图;

[0028] 图7为本发明应用示例第一尺寸的第一车辆的行车风险场的等高线图;

[0029] 图8为本发明应用示例第二尺寸的第一车辆的行车风险场的三维视图;

[0030] 图9为本发明应用示例第二尺寸的第一车辆的行车风险场的等高线图;

[0031] 图10为本发明应用示例第三尺寸的第一车辆的行车风险场的三维视图;

[0032] 图11为本发明应用示例第三尺寸的第一车辆的行车风险场的等高线图;

[0033] 图12为本发明应用示例第四尺寸的第一车辆的行车风险场的三维视图;

[0034] 图13为本发明应用示例第四尺寸的第一车辆的行车风险场的等高线图;

[0035] 图14为本发明应用示例行车风险场的分布示意图;

[0036] 图15为本发明应用示例行车风险场的分布示意图;

[0037] 图16为本发明应用示例行车风险场的分布示意图。

## 具体实施方式

[0038] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，下文中将结合附图对本发明的实施例进行详细说明。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0039] 在附图的流程图示出的步骤可以在诸如一组计算机可执行指令的计算机系统中执行。并且，虽然在流程图中示出了逻辑顺序，但是在某些情况下，可以以不同于此处的顺序执行所示出或描述的步骤。

[0040] 本申请发明人分析发现，相关技术中风险评估未全面地考虑车辆几何形状与尺寸等信息，忽略了这些信息对驾驶风险产生的影响，因此相关技术中的风险评估准确性较低。

[0041] 图1为本发明实施例确定车路协同环境下行车风险场的方法的流程图，如图1所示，包括：

[0042] 步骤101、根据第一车辆的车辆尺寸信息、第二车辆的运动信息和车辆尺寸信息，确定两车相撞的碰撞区域；

[0043] 步骤102、根据确定的碰撞区域，确定第一车辆的行车风险场；

[0044] 其中，第一车辆为自动驾驶车辆，第二车辆为距离第一车辆预设距离内的车辆。

[0045] 在一种示例性实例中，本发明实施例中的碰撞区域包括：椭圆区域。

[0046] 在一种示例性实例中，本发明实施例中的碰撞区域包括：基于第二车辆的质心的椭圆区域。

[0047] 在一种示例性实例中，本发明实施例中的碰撞区域的表达式包括：

$$[0048] \quad \frac{p^2}{(l_1+l_2)^2} + \frac{q^2}{(w_1+l_2)^2} = \frac{1}{2};$$

[0049] 其中， $l_1$ 表示第二车辆的长度， $w_1$ 表示第二车辆的宽度， $l_2$ 表示第一车辆的长度， $w_2$ 表示第一车辆的宽度； $p = (x-x_0) \cos\alpha + (y-y_0) \sin\alpha$ ； $q = (y-y_0) \cos\alpha + (x-x_0) \sin\alpha$ ； $x_0$ 和 $y_0$ 为第二车辆的质心在预设坐标系中的横坐标和纵坐标， $\alpha$ 为第二车辆的航向角。

[0050] 需要说明的是，本发明实施例预设坐标系可以通过预设规则选取原点、横轴和纵轴方向后确定，例如：选取道路上某点为坐标原点，以道路横向为x轴方向，道路纵向为y轴方向。不同的坐标原点，碰撞区域的表达式也会不同，但形状不变。

[0051] 图2为本发明实施例碰撞区域的示意图，如图2所示，图中B为自动驾驶车辆，即第一车辆；A为距离第一车辆预设距离内的车辆，即A为第二车辆；d表示第一车辆的质心与第二车辆的质心连接的连接线段与碰撞区域的交点，到第一车辆的质心的距离；第二车辆的质心为 $(x_0, y_0)$ 。

[0052] 在一种示例性实例中，本发明实施例确定第一车辆的行车风险场，包括：

[0053] 根据确定的碰撞区域确定第一车辆的动能场、势能场和行为场；

[0054] 将确定的动能场、势能场和行为场累加，获得行车风险场。

[0055] 需要说明的是，完整的行车风险场模型由动能场、势能场和行为场构成，分别用来表征运动物体、静止物体以及驾驶员行为所产生的驾驶风险。动能场表征道路上运动物体对行车风险影响程度的物理场。道路上的运动物体主要包括运动中的车辆、行人、动物、非机动车等，动能场的大小和方向主要由物体属性、运动状态和道路条件决定影响因素包括物体类型、质量、速度、加速度、路面附着系数和道路坡度等，主要体现物体动能的大小。势

能场表征道路上静止物体对行车风险影响程度的物理场,道路上的静止物体主要包括停止的车辆、隔离带、路障、交通标识等,势能场的大小和方向主要由静止物体的属性及道路条件等要素决定,影响因素包括物体类型、质量、环境能见度等。行为场表征驾驶人行为特性对行车风险影响程度的物理场,驾驶人行为特性主要包括驾驶人的驾驶风格、技能、法规意识、性别、年龄、驾龄、性格、身体素质、心理状态等因素,行为场的大小和方向主要由驾驶人行为特性决定,比如激进型驾驶人常常比保守型驾驶人的驾驶风险系数更大,其决定的行为场强度就更高,驾驶技能低的驾驶人通常比驾驶技能高的驾驶人的行为场要高,诸如此类。

[0056] 在一种示例性实例中,本发明实施例中的动能场 $V_K$ 的表达式为:

$$[0057] \quad V_K = \begin{cases} \lambda_1(a_i \cdot m_i v_i^{b_i} + a_j \cdot m_j v_j^{b_j} + c_{ij}) e^{k_0[v_i(\cos\theta_o-1)+v_j(\cos\theta_h-1)]} \cdot e^{(-k_r \sqrt{d})}, & d \geq 0 \\ \lambda_1(a_i \cdot m_i v_i^{b_i} + a_j \cdot m_j v_j^{b_j} + c_{ij}), & d < 0 \end{cases}$$

[0058] 其中, $d$ 表示第一车辆的质心与第二车辆的质心的连接线与碰撞区域的交点,到第一车辆的质心的距离; $m_i$ 为第二车辆的质量; $v_i$ 为第二车辆的速度; $m_j$ 为第一车辆的质量; $v_j$ 为第一车辆的速度; $\bar{r}_{ij}$ 为第二车辆的质心到第一车辆的质心的矢量距离; $\theta_o$ 为第二车辆的速度方向与 $\bar{r}_{ij}$ 方向的夹角; $\theta_h$ 为第一车辆的速度方向与 $\bar{r}_{ij}$ 方向的夹角; $a_i$ 、 $b_i$ 、 $a_j$ 、 $b_j$ 、 $c_{ij}$ 、 $\lambda_1$ 、 $k_r$ 和 $k_0$ 为待定系数。

[0059] 在一种示例性实例中,本发明实施例中的势能场 $V_p$ 的表达式为:

$$[0060] \quad V_p = \begin{cases} \lambda_2 e^{k_0 v_j(\cos\theta_h-1)} \cdot e^{(-k_r \sqrt{d})}, & d \geq 0 \\ \lambda_2, & d < 0 \end{cases}$$

[0061] 其中, $v_j$ 为第一车辆的速度; $\bar{r}_{ji}$ 为第一车辆的质心到第二车辆的质心的矢量距离; $\theta_h$ 为第一车辆的速度方向与 $\bar{r}_{ji}$ 方向的夹角; $\lambda_2$ 、 $k_r$ 和 $k_0$ 为待定系数。

[0062] 在一种示例性实例中,本发明实施例中的行为场 $V_B$ 的表达式为:

$$[0063] \quad V_B = \begin{cases} \lambda_3 \xi e^{k_0[v_i(\cos\theta_o-1)+v_j(\cos\theta_h-1)]} \cdot e^{(-k_r \sqrt{d})}, & d \geq 0 \\ \lambda_3 \xi, & d < 0 \end{cases}$$

[0064] 其中, $v_i$ 为第二车辆的速度; $v_j$ 为第一车辆的速度; $\bar{r}_{ij}$ 为第二车辆的质心到第一车辆的质心的矢量距离; $\theta_o$ 为第二车辆的速度方向与 $\bar{r}_{ij}$ 方向的夹角; $\theta_h$ 为第一车辆的速度方向与 $\bar{r}_{ij}$ 方向的夹角; $\lambda_3$ 、 $k_r$ 和 $k_0$ 均为待定系数。

[0065] 在一种示例性实例中,本发明实施例中涉及的待定系数可以通过代入实验或实际运行的第一车辆和第二车辆的实际行驶参数后确定。

[0066] 图3为本发明实施例行车风险场的三维视图,图4为本发明实施例行车风险场的等高线图,如图3和图4所示,本发明实施例假设第二车辆的质心的坐标为(0,0),道路横向为x轴方向,道路纵向为y轴方向,速度方向为x轴正方向,由图所示,在第一车辆周围形成了一个椭圆碰撞区域,在该区域内部的势能函数值要远远大于外部,且随着到椭圆区域的距离 $d$ 的减小,势能函数值极速增加,即椭圆区域内部的驾驶风险要远远高于外部。本发明实施例与道路全域视角下的行车风险场相比,从自车视角出发,通过考虑自车与障碍车尺寸对碰撞区域进行定义;与基于质点模型的行车风险场构建方法相比,用椭圆区域对车辆形状进

行修正,将自动驾驶车辆的几何尺寸特性添加到了行车风险场模型中,提高了行车风险场模型的准确性;同时,采用椭圆区域进行行车风险场构建,椭圆区域的单一方程可大幅降低计算量。

[0067] 本发明实施例还提供一种计算机存储介质,计算机存储介质中存储有计算机程序,计算机程序被处理器执行时实现上述确定行车风险场的方法。

[0068] 本发明实施例还提供一种终端,包括:存储器和处理器,存储器中保存有计算机程序;其中,

[0069] 处理器被配置为执行存储器中的计算机程序;

[0070] 计算机程序被处理器执行时实现如上述确定行车风险场的方法。

[0071] 图5为本发明实施例确定车路协同环境下行车风险场的装置的结构框图,如图5所示,包括:确定碰撞区域单元和确定风险场单元;其中,

[0072] 确定碰撞区域单元设置为:根据第一车辆的车辆尺寸信息、第二车辆的运动信息和车辆尺寸信息,确定两车相撞的碰撞区域;

[0073] 确定风险场单元设置为:根据确定的碰撞区域,确定第一车辆的行车风险场;

[0074] 其中,第一车辆为自动驾驶车辆,第二车辆为距离第一车辆预设距离内的车辆。

[0075] 在一种示例性实例中,本发明实施例碰撞区域包括:椭圆区域。

[0076] 在一种示例性实例中,本发明实施例中的碰撞区域的表达式包括:

$$[0077] \quad \frac{p^2}{(l_1+l_2)^2} + \frac{q^2}{(w_1+l_2)^2} = \frac{1}{2};$$

[0078] 其中, $l_1$ 表示第二车辆的长度, $w_1$ 表示第二车辆的宽度, $l_2$ 表示第一车辆的长度, $w_2$ 表示第一车辆的宽度; $p=(x-x_0)\cos\alpha+(y-y_0)\sin\alpha$ ;  $q=(y-y_0)\cos\alpha+(x-x_0)\sin\alpha$ ;  $x_0$ 和 $y_0$ 为第二车辆的质心在预设坐标系中的横坐标和纵坐标, $\alpha$ 为第二车辆的航向角。

[0079] 在一种示例性实例中,本发明实施例确定风险场单元是设置为:

[0080] 根据确定的碰撞区域确定第一车辆的动能场、势能场和行为场;

[0081] 将确定的动能场、势能场和行为场累加,获得行车风险场。

[0082] 在一种示例性实例中,本发明实施例中的动能场 $V_k$ 的表达式为:

$$[0083] \quad V_k = \begin{cases} \lambda_1(a_i \cdot m_i v_i^{b_i} + a_j \cdot m_j v_j^{b_j} + c_{ij}) e^{k_0[v_i(\cos\theta_v-1)+v_j(\cos\theta_h-1)]} \cdot e^{(-k_r \sqrt{d})}, & d \geq 0 \\ \lambda_1(a_i \cdot m_i v_i^{b_i} + a_j \cdot m_j v_j^{b_j} + c_{ij}), & d < 0 \end{cases}$$

[0084] 其中, $d$ 为:第一车辆的质心与第二车辆的质心的连接线与碰撞区域的交点,到第一车辆的质心的距离; $m_i$ 为第二车辆的质量; $v_i$ 为第二车辆的速度; $m_j$ 为第一车辆的质量; $v_j$ 为第一车辆的速度; $\vec{r}_{ij}$ 为第二车辆的质心到第一车辆的质心的矢量距离; $\theta_v$ 为第二车辆的速度方向与 $\vec{r}_{ij}$ 方向的夹角; $\theta_h$ 为第一车辆的速度方向与 $\vec{r}_{ij}$ 方向的夹角; $a_i$ 、 $b_i$ 、 $a_j$ 、 $b_j$ 、 $c_{ij}$ 、 $\lambda_1$ 、 $k_r$ 和 $k_0$ 为待定系数。

[0085] 在一种示例性实例中,本发明实施例中的势能场 $V_p$ 的表达式为:

$$[0086] \quad V_p = \begin{cases} \lambda_2 e^{k_0 v_j (\cos\theta_h-1)} \cdot e^{(-k_r \sqrt{d})}, & d \geq 0 \\ \lambda_2, & d < 0 \end{cases}$$

[0087] 其中, $v_j$ 为第一车辆的速度; $\vec{r}_{ij}$ 为第一车辆的质心到第二车辆的质心的矢量距离;

$\theta_h$ 为第一车辆的速度方向与 $\vec{r}_h$ 方向的夹角; $\lambda_2$ 、 $k_r$ 和 $k_0$ 为待定系数。

[0088] 在一种示例性实例中,本发明实施例中的行为场 $V_B$ 的表达式为:

$$[0089] \quad V_B = \begin{cases} \lambda_3 \xi e^{k_0 [v_i (\cos \theta_0 - 1) + v_j (\cos \theta_h - 1)]} \cdot e^{(-k_r \sqrt{d})}, & d \geq 0 \\ \lambda_3 \xi, & d < 0 \end{cases}$$

[0090] 其中, $v_i$ 为第二车辆的速度; $v_j$ 为第一车辆的速度; $\vec{r}_i$ 为第二车辆的质心到第一车辆的质心的矢量距离; $\theta_0$ 为第二车辆的速度方向与 $\vec{r}_i$ 方向的夹角; $\theta_h$ 为第一车辆的速度方向与 $\vec{r}_h$ 方向的夹角; $\lambda_3$ 、 $k_r$ 和 $k_0$ 均为待定系数。

[0091] 以下通过应用示例对本发明实施例进行简要说明,应用示例仅用于陈述本发明实施例,并不用于限定本发明的保护范围。

[0092] 应用示例

[0093] 本发明应用示例以只包含一辆第一车辆和一辆第二车辆为例进行说明,通过应用示例说明行车风险场的构建考虑了第一车辆和第二车辆的尺寸,并能够从自车视角准确评估车辆行驶时面临的驾驶风险。与相关技术相比,本应用示例通过考虑车辆尺寸,在第二车辆周边形成了一个椭圆碰撞区域;

[0094] 图6为本发明应用示例第一尺寸的第一车辆的行车风险场的三维视图,图7为本发明应用示例第一尺寸的第一车辆的行车风险场的等高线图;图6和图7中的第一车辆的尺寸为10米\*2.5米;图8为本发明应用示例第二尺寸的第一车辆的行车风险场的三维视图,图9为本发明应用示例第二尺寸的第一车辆的行车风险场的等高线图;图8和图9中的第一车辆的尺寸为5米\*2.5米;图10为本发明应用示例第三尺寸的第一车辆的行车风险场的三维视图,图11为本发明应用示例第三尺寸的第一车辆的行车风险场的等高线图;图10和图11中的第一车辆的尺寸为10米\*1.2米;图12为本发明应用示例第四尺寸的第一车辆的行车风险场的三维视图,图13为本发明应用示例第四尺寸的第一车辆的行车风险场的等高线图;图10和图11中的第一车辆的尺寸为5米\*2.5米。假设第二车辆的质心位于(0,0),第一车辆和第二车辆均处于静止状态,从图6~图13显示的第一车辆为四种不同尺寸时的行车风险场分布,可见第一车辆越宽,其横向上的行车风险越高,影响范围越大;第一车辆越长,其纵向上的行车风险越高,影响范围越大。

[0095] 假设第二车辆的质心位于(0,0),第一车辆和第二车辆均沿x轴正方向行驶。当第一车辆和第二车辆的速度变化时,行车风险场的分布也会发生改变,图14为本发明应用示例行车风险场的分布示意图,如图14所示,第二车辆速度为3米/秒(m/s),第一车辆的速度为5m/s。由于第一车辆速度大于第二车辆速度,因此当第一车辆出现在第二车辆后方时,存在着潜在的碰撞,即第二车辆后方风险最高;图15为本发明应用示例行车风险场的分布示意图,如图15所示,第二车辆速度为5m/s,第一车辆速度为3m/s。由于第二车辆速度大于第一车辆速度,因此当第一车辆出现在第二车辆前方时,存在着潜在的碰撞,即第二车辆前方风险最高;图16为本发明应用示例行车风险场的分布示意图,如图16所示,第一车辆和第二车辆速度均为3m/s,由于两车速度相同,因此第二车辆前后的碰撞风险相同。

[0096] 本发明应用示例考虑了车辆尺寸对驾驶风险的影响,从自车视角准确评估全域动态驾驶风险。将车辆几何形状特性与尺寸因素考虑到建模中,有效提高了行车风险场的准确性;本发明应用示例丰富了人工势能场理论,为行车风险场研究提供了新的视角,提高了

模型的适用性,使得本发明应用示例方法能够更广泛的应用于混合复杂道路环境。本发明应用示例利用椭圆方程将车辆的几何形状特性考虑到建模中,建立了椭圆碰撞区域,并搭建起基于自车视角的行车风险场模型,实现了对自车视角下车辆全域动态驾驶风险的评估与分析,提高了模型的准确性与适用性,为车辆控制决策与轨迹规划奠定了理论基础。

[0097] “本领域普通技术人员可以理解,上文中所公开方法中的全部或某些步骤、系统、装置中的功能模块/单元可以被实施为软件、固件、硬件及其适当的组合。在硬件实施方式中,在以上描述中提及的功能模块/单元之间的划分不一定对应于物理组件的划分;例如,一个物理组件可以具有多个功能,或者一个功能或步骤可以由若干物理组件合作执行。某些组件或所有组件可以被实施为由处理器,如数字信号处理器或微处理器执行的软件,或者被实施为硬件,或者被实施为集成电路,如专用集成电路。这样的软件可以分布在计算机可读介质上,计算机可读介质可以包括计算机存储介质(或非暂时性介质)和通信介质(或暂时性介质)。如本领域普通技术人员公知的,术语计算机存储介质包括在用于存储信息(诸如计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据)的任何方法或技术中实施的易失性和非易失性、可移除和不可移除介质。计算机存储介质包括但不限于RAM、ROM、EEPROM、闪存或其他存储器技术、CD-ROM、数字多功能盘(DVD)或其他光盘存储、磁盒、磁带、磁盘存储或其他磁存储装置、或者可以用于存储期望的信息并且可以被计算机访问的任何其他的介质。此外,本领域普通技术人员公知的是,通信介质通常包含计算机可读指令、数据结构、程序模块或者诸如载波或其他传输机制之类的调制数据信号中的其他数据,并且可包括任何信息递送介质。”。

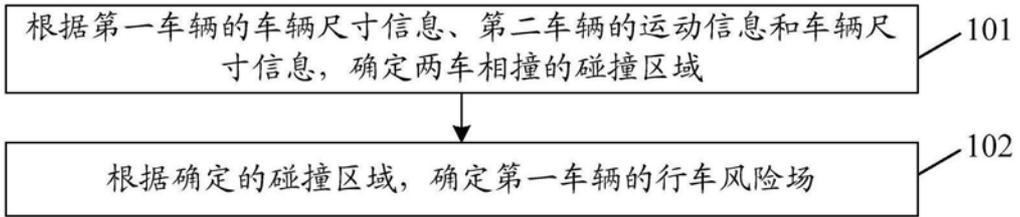


图1

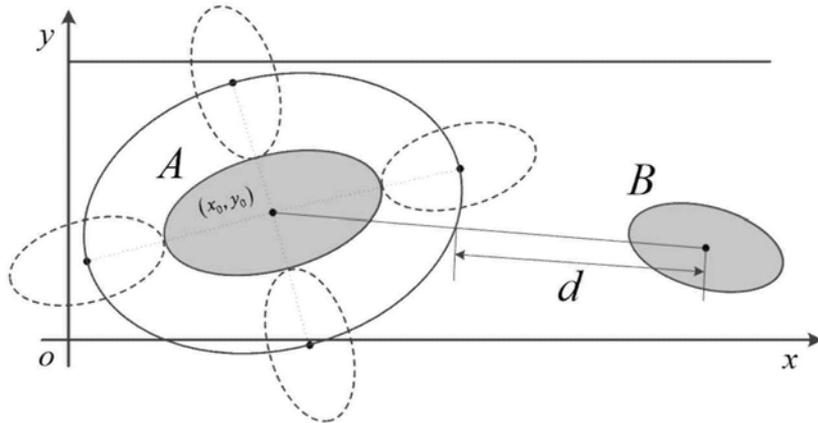


图2

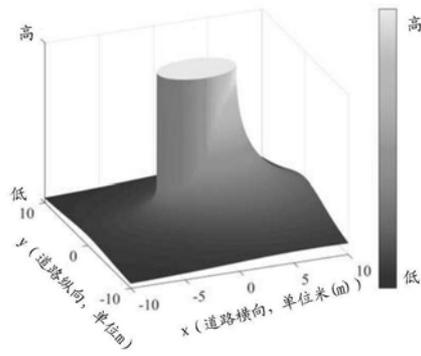


图3

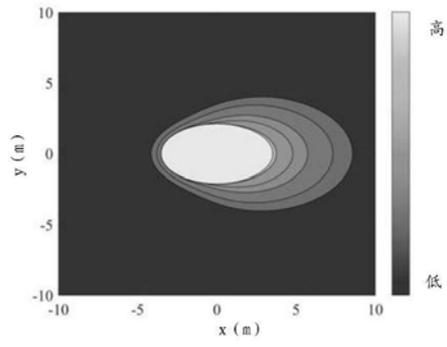


图4

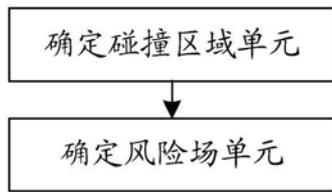


图5

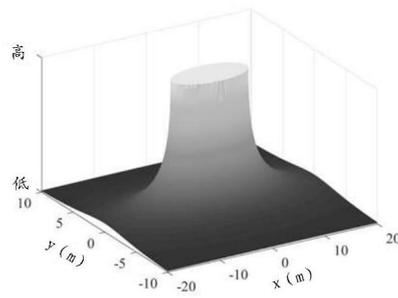


图6

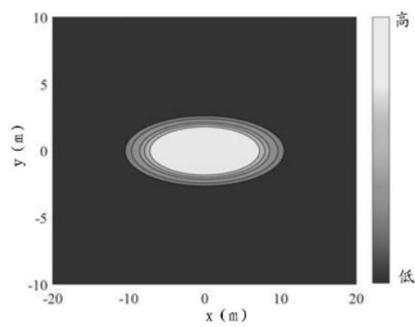


图7

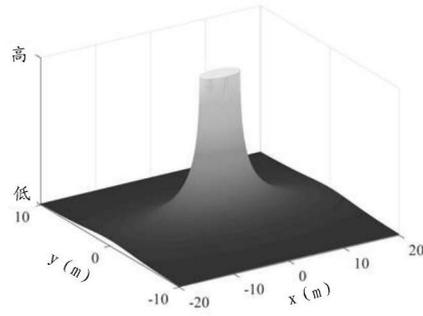


图8

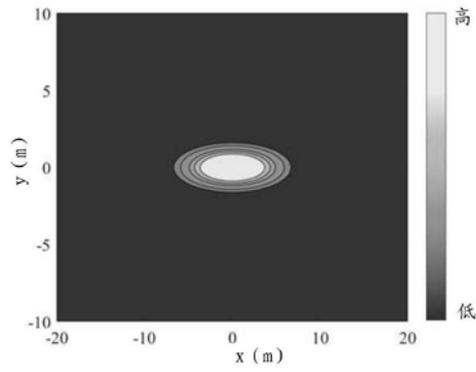


图9

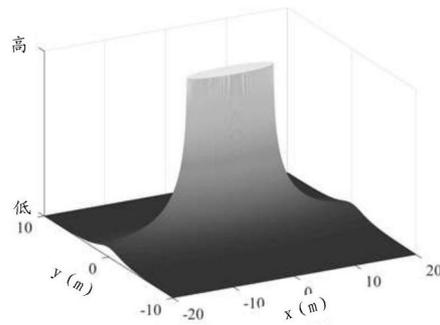


图10

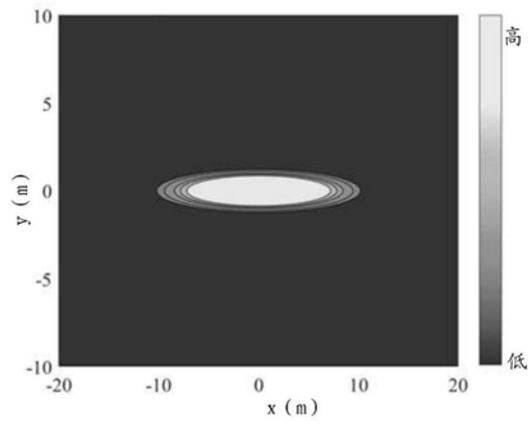


图11

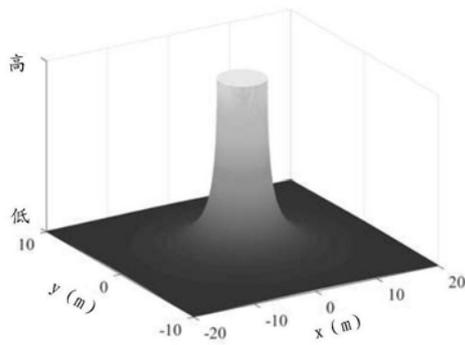


图12

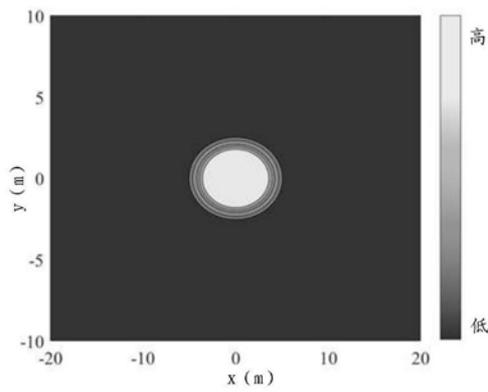


图13

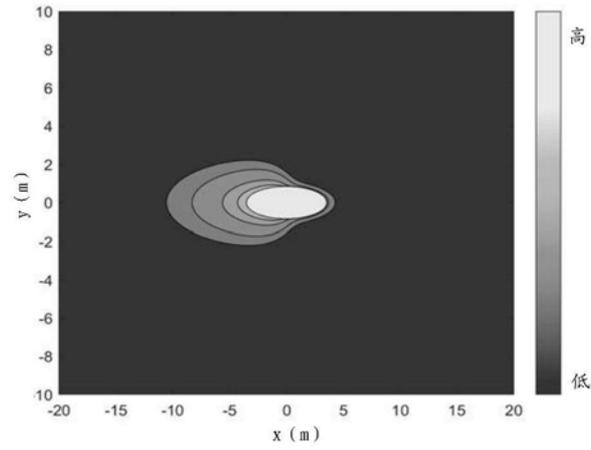


图14

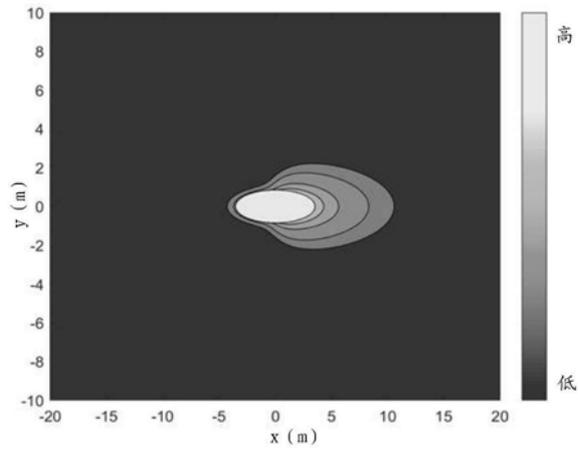


图15

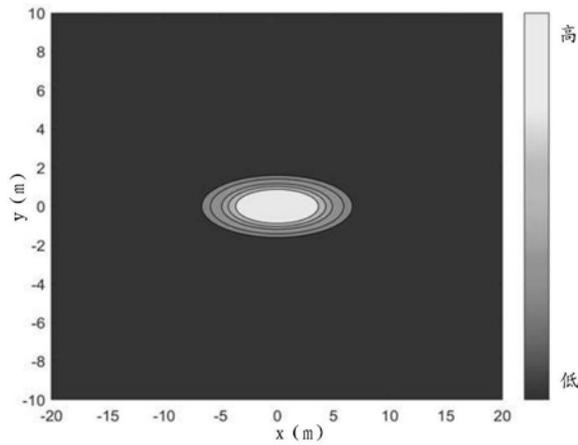


图16