



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106898143 A  
(43)申请公布日 2017.06.27

(21)申请号 201710228167.7

(22)申请日 2017.04.10

(71)申请人 合肥学院

地址 230601 安徽省合肥市经济开发区锦  
绣大道99号

(72)发明人 张林松 吴文胜 魏志明 张安国  
钱其昌 贾贤飞

(74)专利代理机构 北京高航知识产权代理有限  
公司 11530

代理人 陈敏

(51)Int.Cl.

G08G 1/01(2006.01)

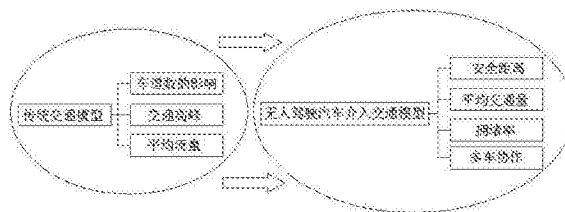
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

## (54)发明名称

一种无人驾驶汽车的交通流量建模方法

## (57)摘要

本发明公开了一种无人驾驶汽车的交通流量建模方法,属于无人驾驶领域。一种无人驾驶汽车的交通流量建模方法,分析影响高速公路交通的因素基础上,建立基于微分方程的经典交通模型,对影响日平均交通流量的车道数量在平均时期和高峰期作出了关系图,引入无人驾驶汽车假设以及经典的Gipps安全距离规则,对NaSch模型进行改进,提出了基于安全距离的自动驾驶元胞自动机交通流模型,然后通过构建新的基于弹簧阻尼器的控制方法分析多车之间的协作,最后通过将无人驾驶汽车的反应时间由0.1s提高到1s进行灵敏度检验。它可以实现引入无人驾驶汽车建立模型的方法改善交通安全及拥堵。



1. 一种无人驾驶汽车的交通流量建模方法,其特征在于:其步骤如下:

(1) 结合研究地日交通流量的数据,进行问题分析假设,分析假设包括:

一、每日交通量发生在高峰旅行时间的比例,基于人们一天的作息时间,假设高峰期的时间和非高峰期的时间,

二、针对于有很多新手司机和一些不遵守交通规则司机,根据相关调研,进行比例和反应时间的假设,

三、在计算路口交通流量时,提出的每个车道的车辆数,取平均值,

四、本发明中考虑的车辆都是靠右行驶的,符合世界上大部分国家或地区的交通规则,

五、选取的车辆是以标准车当量数来计算;

(2) 建立传统交通模型,

一、通过数据采集,计算交通拥堵经验分布函数,然后绘制交通拥堵经验分布函数图,

二、分析影响道路交通通行因素,

三、通过数据采集及计算,绘制平均时期交通流率与交通量关系图和高峰期车道数与平均每车道通行能力图;

(3) 建立无人驾驶汽车介入交通模型,

一、结合经典的Gipps模型思想,引入安全距离对NaSch模型进行改进,建立基于安全距离的自动驾驶元胞自动机交通流模型,

二、进行无人驾驶元胞自动机仿真,

三、数据分析,所述数据分析包括驾驶方式混合比例对交通的影响分析和混合比例对交通拥堵的影响分析;

(4) 多车协作,

使用重叠结构分解的方法将车队分解为一系列由三辆车组成的子系统,再使用分散式LQ控制方法得到扩展后系统的最优解,最后将扩展系统收缩回原系统,得到原系统的次优控制率;

(5) 灵敏度检验,

将无人驾驶汽车的反应时间由0.1s提高到1s进行灵敏度检验。

2. 根据权利要求1所述的一种无人驾驶汽车的交通流量建模方法,其特征在于:所述建立基于安全距离的自动驾驶元胞自动机交通流模型时进行规格制定:

第一,依据安全距离原理,第n辆车的驾驶员对其前方车辆的最大减速度进行估计,进而确定避免与其前方发生追尾所需保证的安全距离 $Gap_{safe,n}$ ,以及行驶的安全速度 $v_{safe,n}$ :

$$v_{safe,n}(t) = -b_n \tau_n + \sqrt{b_n^2 \tau_n^2 + b_n \{2[x_{n+1}(t) - x_n(t) - S_{n+1}] - \tau_n v_n(t) + \frac{v_{n+1}(t)^2}{b_n}\}}$$

第二,加速规则

车辆在行驶当中,当第n辆车与其前方车辆之间的车间距大于该车行驶时所需要的安全间距时,即 $Gap_n > Gap_{safe,n}$ 时,为了满足驾驶员对于更高期望速度的行驶,该车则按照如下规则进行加速行驶:

$$v_n(t) \rightarrow \min(v_n(t) + a_n, V_{max}, v_{safe,n}(t), Gap_n)$$

第三,匀速规则

当第 $n$ 辆车与其前方车辆之间的车间距与该车行驶时所需要的安全间距相等时,即 $\text{Gap}_n = \text{Gap}_{\text{safe},n}$ ,在保证车辆安全行驶的情况下,则该车辆不会采取任何加减速措施,保持原速度行驶;

$$v_n(t) \rightarrow \min(v_n(t), \text{Gap}_n)$$

#### 第四,减速规则

当第 $n$ 辆车与其前方车辆之间的车间距小于该车行驶时所需要的安全间距时,即 $\text{Gap}_n < \text{Gap}_{\text{safe},n}$ 时,为了确保安全驾驶则进行减速。若前方车辆静止,即 $v_n(t) = 0$ ,基于安全性考虑,则采取安全减速的规则进行减速,即保证该车与前方车辆的车间距不得小于 $0.5\text{m}$ ;若前方车辆非静止,即 $v_n(t) \neq 0$ ,则采取确定性减速规则进行减速,对应的具体规则如下:

##### 安全减速

$$v_n(t) \rightarrow \max(\min(v_{\text{safe},n}(t), \text{Gap}_n - 1), 0)$$

##### 确定性减速

$$v_n(t) \rightarrow \max(\min(v_{\text{safe},n}(t), \text{Gap}_n), 0)$$

#### 第五,随机慢化概率

考虑到驾驶员在行驶过程中存在的驾驶行为的不确定性,在演化规则中引入了随机慢化概率 $R_p$ ,行驶中的车辆按照随机慢化概率进行速度上的慢化,速度变化遵守式,则按照常规减速度进行减速:

$$v_n(t) \rightarrow \max(v_n(t) - b_n, 0)$$

#### 第六,位置更新

在速度演化更新规则的基础上,进行车辆位置的更新;

$$x_n(t) \rightarrow x_n(t) + v_n(t)$$

式中: $\text{Gap}_n$ 为第 $n$ 辆车与前车 $n+1$ 的车间距,即 $\text{Gap}_n = x_{n+1}(t) - x_n(t) - l_{n+1}$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种无人驾驶汽车的交通流量建模方法,其特征在于:所述影响道路交通通行因素包括不利天气因素、静态瓶颈路段和动态瓶颈路段,所述不利天气因素指雨、雪、雾、强风等;所述静态瓶颈路段指隧道、桥梁、长达下坡路段等;所述动态瓶颈路段指大型车、“幽灵堵塞”、交通事故及车辆故障。

## 一种无人驾驶汽车的交通流量建模方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及无人驾驶领域,更具体地说,涉及一种无人驾驶汽车的交通流量建模方法。

### 背景技术

[0002] 目前,关于无人驾驶和人工驾驶的混合交通流的研究还较少,Sunan Huang提出一种关于无人驾驶和人工驾驶共存从而使高速公路自动化成本和基础设施要求减少的技术,Arnab Bose于1999年对相同车道内无人驾驶和人工驾驶一起行驶对交通流特性和环境的影响进行了分析,Arnab Bose于2003提出了无人驾驶模型,并对同比例的自动和人工驾驶的流密图进行了分析研究,同时还分析了冲击波;考虑驾驶员的个体驾驶特性差异和ACC车辆的运行原理,构建了各自的运行规则,提出了一个新的元胞自动机模型,对模拟出混合交通流的变化特性。

[0003] 元胞自动机模型作为微观交通模拟研究的主要工具,被引入到交通领域后,得到了迅速的发展,1992年Nagel和Schrenberg提出了经典的NaSch模型,虽然模型形式简单,但模型得到的模拟结果和实际交通现象和交通行为非常相似,之后不少学者对NaSch模型规则进行改进,先后提出了TT模型巡航控制模型、FI模型、敏感驾驶模型、安全驾驶模型等,这些改进极大地丰富了交通流元胞自动机模型。

### 发明内容

[0004] 1.要解决的技术问题

[0005] 针对现有技术中存在交通安全和拥堵的问题,本发明的目的在于提供一种无人驾驶汽车的交通流量建模方法,它可以实现引入无人驾驶汽车建立模型的方法改善交通安全及拥堵。

[0006] 2.技术方案

[0007] 为解决上述问题,本发明采用如下的技术方案。

[0008] 一种无人驾驶汽车的交通流量建模方法,其步骤如下:

[0009] (1)结合研究地日交通流量的数据,进行问题分析假设,分析假设包括:

[0010] 一、每日交通量发生在高峰旅行时间的比例,基于人们一天的作息时间,假设高峰期的时间和非高峰期的时间,

[0011] 二、针对于有很多新手司机和一些不遵守交通规则司机,根据相关调研,进行比例和反应时间的假设,

[0012] 三、在计算路口交通流量时,提出的每个车道的车辆数,取平均值,

[0013] 四、本发明中考虑的车辆都是靠右行驶的,符合世界上大部分国家或地区的交通规则,

[0014] 五、选取的车辆是以标准车当量数来计算;

[0015] (2)建立传统交通模型,

[0016] 一、通过数据采集,计算交通拥堵经验分布函数,然后绘制交通拥堵经验分布函数图,

[0017] 二、分析影响道路交通通行因素,

[0018] 三、通过数据采集及计算,绘制平均时期交通流率与交通量关系图和高峰期车道数与平均每车道通行能力图;

[0019] (3) 建立无人驾驶汽车介入交通模型,

[0020] 一、结合经典的Gipps模型思想,引入安全距离对NaSch模型进行改进,建立基于安全距离的自动驾驶元胞自动机交通流模型,

[0021] 二、进行无人驾驶元胞自动机仿真,

[0022] 三、数据分析,所述数据分析包括驾驶方式混合比例对交通的影响分析和混合比例对交通拥堵的影响分析;

[0023] (4) 多车协作,

[0024] 使用重叠结构分解的方法将车队分解为一系列由三辆车组成的子系统,再使用分散式LQ控制方法得到扩展后系统的最优解,最后将扩展系统收缩回原系统,得到原系统的次优控制率;

[0025] (5) 灵敏度检验,

[0026] 将无人驾驶汽车的反应时间由0.1s提高到1s进行灵敏度检验。

[0027] 优选地,所述建立基于安全距离的自动驾驶元胞自动机交通流模型时进行规格制定:

[0028] 第一,依据安全距离原理,第n辆车的驾驶员对其前方车辆的最大减速度进行估计,进而确定避免与其前方发生追尾所需保证的安全距离 $\text{Gap}_{\text{safe},n}$ ,以及行驶的安全速度 $v_{\text{safe},n}$ , $\tau_n$ 为第n辆车的反应时间, $b_n$ 为第n辆车的最大减速度, $v_n(t)$ 为第n辆车的速度;

$$[0029] \quad v_{\text{safe},n}(t) = -b_n \tau_n + \sqrt{b_n^2 \tau_n^2 + b_n \{2[x_{n+1}(t) - x_n(t) - S_{n+1}] - \tau_n v_n(t) + \frac{v_{n+1}(t)^2}{b_n}\}}$$

[0030] 第二,加速规则

[0031] 车辆在行驶当中,当第n辆车与其前方车辆之间的车间距大于该车行驶时所需要的安全间距时,即 $\text{Gap}_n > \text{Gap}_{\text{safe},n}$ 时, $\text{Gap}_n$ 为第n辆车与前面车的间距,为了满足驾驶员对于更高期望速度的行驶,该车则按照如下规则进行加速行驶;

$$[0032] \quad v_n(t) \rightarrow \min(v_n(t) + a_n, V_{\text{max}}, v_{\text{safe},n}(t), \text{Gap}_n)$$

[0033] 第三,匀速规则

[0034] 当第n辆车与其前方车辆之间的车间距与该车行驶时所需要的安全间距相等时,即 $\text{Gap}_n = \text{Gap}_{\text{safe},n}$ ,在保证车辆安全行驶的情况下,则该车辆不会采取任何加减速措施,保持原速度行驶;

$$[0035] \quad v_n(t) \rightarrow \min(v_n(t), \text{Gap}_n)$$

[0036] 第四,减速规则

[0037] 当第n辆车与其前方车辆之间的车间距小于该车行驶时所需要的安全间距时,即 $\text{Gap}_n < \text{Gap}_{\text{safe},n}$ 时,为了确保安全驾驶则进行减速。若前方车辆静止,即 $v_n(t) = 0$ ,基于安全性考虑,则采取安全减速的规则进行减速,即保证该车与前方车辆的车间距不得小于0.5m;若前方车辆非静止,即 $v_n(t) \neq 0$ ,则采取确定性减速规则进行减速,对应的具体规则如下:

[0038] 安全减速

[0039]  $v_n(t) \rightarrow \max \{ \min (v_{safe,n}(t), Gap_{n-1}), 0 \}$

[0040] 确定性减速

[0041]  $v_n(t) \rightarrow \max \{ \min (v_{safe,n}(t), Gap_n), 0 \}$

[0042] 第五,随机慢化概率

[0043] 考虑到驾驶员在行驶过程中存在的驾驶行为的不确定性,在演化规则中引入了随机慢化概率 $R_p$ ,行驶中的车辆按照随机慢化概率进行速度上的慢化,速度变化遵守式,则按照常规减速度进行减速;

[0044]  $v_n(t) \rightarrow \max (v_n(t) - b_n, 0)$

[0045] 第六,位置更新

[0046] 在速度演化更新规则的基础上,进行车辆位置的更新;

[0047]  $x_n(t) \rightarrow x_n(t) + v_n(t)$

[0048] 式中: $Gap_n$ 为第 $n$ 辆车与前车 $n+1$ 的车间距,即 $Gap_n = x_{n+1}(t) - x_n(t) - l_{n+1}$ 。

[0049] 优选地,所述影响道路交通通行因素包括不利天气因素、静态瓶颈路段和动态瓶颈路段,所述不利天气因素指雨、雪、雾、强风等;所述静态瓶颈路段指隧道、桥梁、长达下坡路段等;所述动态瓶颈路段指大型车、“幽灵堵塞”、交通事故及车辆故障。

[0050] 3.有益效果

[0051] 相比于现有技术,本发明的优点在于:

[0052] (1)本方案运用了元胞自动机对道路交通进行了模拟,比较真实地反映了道路的实际的交通状况,并且最大速度、元胞数量、车辆数量以及运行间隔时间都可以修改,程序很灵活,并且可以清晰的看出每一次运行过程。

[0053] (2)考虑了现实情况和进行了详细的灵敏度分析,据此仔细的修正了模型。

[0054] (3)在考虑道路的交通情况时,将道路情况分为了高峰期和非高峰期进行建模,使结果更有效。

[0055] (4)还考虑了不利天气因素、静态瓶颈路段和动态瓶颈路段,与其他的科学家的实验研究结果表明是一致的。

## 附图说明

[0056] 图1为本发明的模块图。

## 具体实施方式

[0057] 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;所描述的实施例仅仅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。

[0058] 实施例1:

[0059] 请参阅图1,一种无人驾驶汽车的交通流量建模方法,其步骤如下:

[0060] (1)结合研究地华盛顿州高速公路日交通流量的数据,进行问题分析假设,分析假设包括:

[0061] 一、每日交通量的8%发生在高峰旅行时间,基于人们一天的作息时间,将交通情况的一天24小时分为3小时的高峰期和21小时的非高峰期,

[0062] 二、针对于有很多新手司机和一些不遵守交通规则司机,根据相关调研,假设其分别占12%和5%,其他的83%是属于正常司机,这三者的反应时间分别约是2S,3S,1S,

[0063] 三、在计算路口交通流量时,提出的每个车道的车辆数,取平均值,

[0064] 四、本发明中考虑的车辆都是靠右行驶的,符合世界上大部分国家或地区的交通规则,

[0065] 五、选取的车辆是以标准车当量数来计算的,

[0066] (2) 建立传统交通模型,

[0067] 一、通过数据采集,计算交通拥堵经验分布函数,然后绘制交通拥堵经验分布函数图,

[0068] 二、分析影响道路交通通行因素,影响道路交通通行因素包括不利天气因素、静态瓶颈路段和动态瓶颈路段,不利天气因素指雨、雪、雾、强风等;静态瓶颈路段指隧道、桥梁、长达下坡路段等;动态瓶颈路段指大型车、“幽灵堵塞”、交通事故及车辆故障。

[0069] 三、通过数据采集及计算,绘制平均时期交通流率与交通量关系图和高峰期车道数与平均每车道通行能力图;

[0070] (3) 建立无人驾驶汽车介入交通模型,

[0071] 一、结合经典的Gipps模型思想,引入安全距离对NaSch模型进行改进,建立基于安全距离的自动驾驶元胞自动机交通流模型,

[0072] 二、进行无人驾驶元胞自动机仿真,

[0073] 三、数据分析,数据分析包括驾驶方式混合比例对交通的影响分析和混合比例对交通拥堵的影响分析;

[0074] (4) 多车协作,

[0075] 使用重叠结构分解的方法将车队分解为一系列由三辆车组成的子系统,再使用分散式LQ控制方法得到扩展后系统的最优解,最后将扩展系统收缩回原系统,得到原系统的次优控制率;

[0076] (5) 灵敏度检验,

[0077] 将无人驾驶汽车的反应时间由0.1s提高到1s进行灵敏度检验。

[0078] 建立基于安全距离的自动驾驶元胞自动机交通流模型时进行规格制定:

[0079] 第一,依据安全距离原理,第n辆车的驾驶员对其前方车辆的最大减速度进行估计,进而确定避免与其前方发生追尾所需保证的安全距离 $Gap_{safe,n}$ ,以及行驶的安全速度 $V_{safe,n}$ ;

$$[0080] \quad v_{safe,n}(t) = -b_n \tau_n + \sqrt{b_n^2 \tau_n^2 + b_n \{2[x_{n+1}(t) - x_n(t) - S_{n+1}] - \tau_n v_n(t) + \frac{v_{n+1}(t)^2}{b_n}\}}$$

[0081] 第二,加速规则

[0082] 车辆在行驶当中,当第n辆车与其前方车辆之间的车间距大于该车行驶时所需要的安全间距时,即 $Gap_n > Gap_{safe,n}$ 时,为了满足驾驶员对于更高期望速度的行驶,该车则按照如下规则进行加速行驶;

$$[0083] \quad v_n(t) \rightarrow \min(v_n(t) + a_n, V_{max}, V_{safe,n}(t), Gap_n)$$

[0084] 第三,匀速规则

[0085] 当第 $n$ 辆车与其前方车辆之间的车间距与该车行驶时所需要的安全间距相等时,即 $\text{Gap}_n = \text{Gap}_{\text{safe},n}$ ,在保证车辆安全行驶的情况下,则该车辆不会采取任何加减速措施,保持原速度行驶;

[0086]  $v_n(t) \rightarrow \min(v_n(t), \text{Gap}_n)$

[0087] 第四,减速规则

[0088] 当第 $n$ 辆车与其前方车辆之间的车间距小于该车行驶时所需要的安全间距时,即 $\text{Gap}_n < \text{Gap}_{\text{safe},n}$ 时,为了确保安全驾驶则进行减速。若前方车辆静止,即 $v_n(t) = 0$ ,基于安全性考虑,则采取安全减速的规则进行减速,即保证该车与前方车辆的车间距不得小于 $0.5\text{m}$ ;若前方车辆非静止,即 $v_n(t) \neq 0$ ,则采取确定性减速规则进行减速,对应的具体规则如下:

[0089] 安全减速:

[0090]  $v_n(t) \rightarrow \max\{\min(v_{\text{safe},n}(t), \text{Gap}_{n-1}), 0\}$

[0091] 确定性减速:

[0092]  $v_n(t) \rightarrow \max\{\min(v_{\text{safe},n}(t), \text{Gap}_n), 0\}$

[0093] 第五,随机慢化概率

[0094] 考虑到驾驶员在行驶过程中存在的驾驶行为的不确定性,在演化规则中引入了随机慢化概率 $R_p$ ,行驶中的车辆按照随机慢化概率进行速度上的慢化,速度变化遵守式,则按照常规减速度进行减速;

[0095]  $v_n(t) \rightarrow \max(v_n(t) - b_n, 0)$

[0096] 第五,位置更新

[0097] 在速度演化更新规则的基础上,进行车辆位置的更新;

[0098]  $x_n(t) \rightarrow x_n(t) + v_n(t)$

[0099] 式中: $\text{Gap}_n$ 为第 $n$ 辆车与前车 $n+1$ 的车间距,即 $\text{Gap}_n = x_{n+1}(t) - x_n(t) - l_{n+1}$ 。

[0100] 以上所述;仅为本发明较佳的具体实施方式;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;根据本发明的技术方案及其改进构思加以等同替换或改变;都应涵盖在本发明的保护范围内。



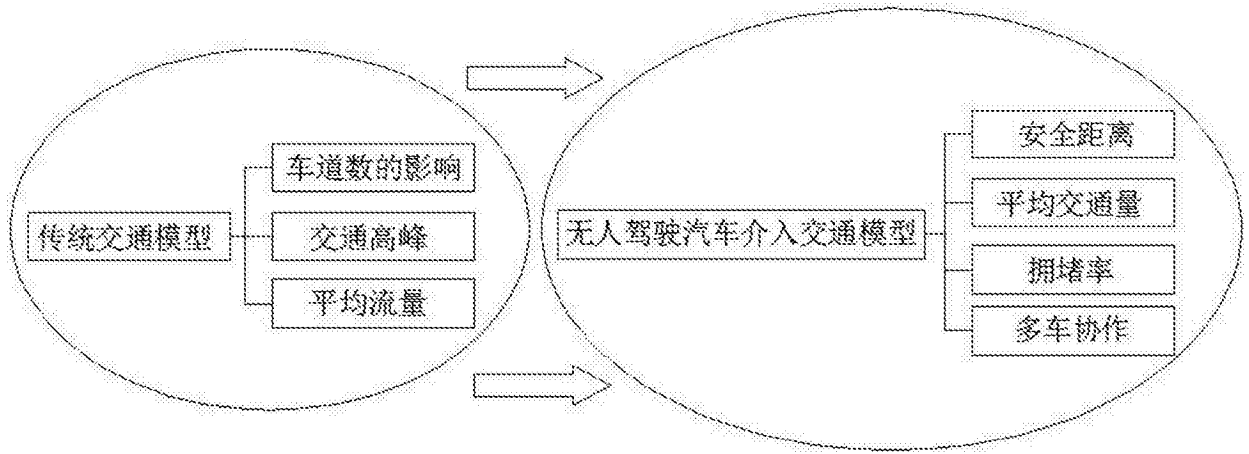


图1