



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113536538 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 13

(21) 申请号 202110653651.0

(56) 对比文件

(22) 申请日 2021.06.11

CN 111627205 A, 2020.09.04

CN 110992695 A, 2020.04.10

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 109345020 A, 2019.02.15

申请公布号 CN 113536538 A

审查员 毕淑影

(43) 申请公布日 2021.10.22

(73) 专利权人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市玄武区四牌楼2号

(72) 发明人 王昊 李思宇 董长印 陈全 左泽文

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

专利代理师 熊玉玮

(51) Int. Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

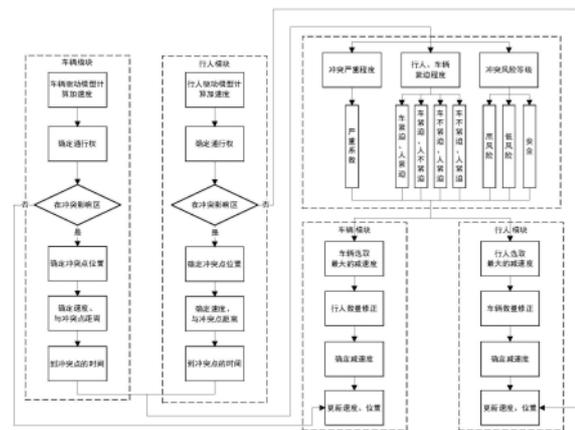
权利要求书3页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于交通冲突的行人与车辆交互仿真方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于交通冲突的行人与车辆交互仿真方法及系统,属于交通安全分析技术领域,通过判断交叉口内行人与车辆之间是否存在交通冲突影响,并对交通冲突影响进行分析,计算发生交通冲突时的冲突参数,进一步获得各个交通冲突点对应的冲突参数、以及目标车辆和行人的初始减速度,通过对各个交通冲突点中目标车辆与行人的减速度进行筛选,实时获取并更新车辆和行人的实时行驶速度以及位置。本发明提供的方法将车辆、行人对冲突的考量过程作为决策逻辑,综合考虑范围内车辆对行人的影响、行人对车辆的影响,进而为车辆、行人提供科学合理的速度判断和决策依据,准确、快速仿真多车道情况下的车辆与行人交互。



1. 一种基于交通冲突的行人与车辆交互仿真方法,用于对交叉口的交通冲突进行预测分析,其特征在于,包括以下步骤:

步骤S1、根据既有车辆信息数据库、行人信息数据库,读取人行横道上所有行人微观数据和各车道的车辆微观数据,读取斑马线范围;

步骤S2、基于行人数据和车辆数据,确定目标车辆的通行权、以及行人的通行权,判断目标车辆与行人之间是否存在交通冲突影响,当不存在交通冲突影响时,结束当前方法;

当存在交通冲突影响时,分别确定目标车辆与行人的实时位置、实时行驶速度、以及目标车辆与行人的交通冲突点,随后进入步骤S3;

步骤S3、分别针对各个交通冲突点,根据目标车辆与行人的实时行驶速度、以及目标车辆与行人的交通冲突点,计算发生交通冲突时的冲突参数,进一步通过计算得到存在交通冲突影响时目标车辆和行人的初始减速度,所述冲突参数包括严重程度系数、风险等级系数、以及紧迫程度系数,即获得各个交通冲突点对应的冲突参数、以及目标车辆和行人的初始减速度;

步骤S4、获得交叉口各个交通冲突点中目标车辆与行人的最小减速度,实时获取并更新目标车辆和行人的实时行驶速度、位置,返回步骤S2。

2. 根据权利要求1所述的一种基于交通冲突的行人与车辆交互仿真方法,其特征在于,所述步骤S2中,确定目标车辆与行人的通行权,根据目标车辆的驱动模型计算得到目标车辆的加速度,根据行人的驱动模型计算得到行人的加速度,目标车辆与行人之间存在交通冲突影响的条件为:

当目标车辆或者行人与斑马线的距离小于预设阈值,并且目标车辆和行人均具有通行权时,目标车辆与行人之间存在交通冲突影响;

其中,当交叉口的交通信号灯为绿灯、或者交叉口不设有交通信号灯时,车辆与行人具有通行权,当交叉口的交通信号灯为红灯时,车辆与行人不具有通行权;

目标车辆与行人保持当前方向和速度不变,继续移动,目标车辆轨迹与行人轨迹的交点为交通冲突点。

3. 根据权利要求2所述的一种基于交通冲突的行人与车辆交互仿真方法,其特征在于,所述步骤S3包括以下步骤:

步骤S3-1、根据目标车辆的实时行驶速度确定交通冲突的严重程度系数 $S = v_c / v_x$ ,中, $v_c$ 为目标车辆实时行驶速度, $v_x$ 为道路预设限速值;

步骤S3-2、判断交通冲突的风险等级,所述风险等级分为高风险、低风险、安全,首先,分别计算车辆和行人当前位置与交通冲突点之间的距离,根据距离分别计算发生交通冲突所需时间,根据公式:

$$\begin{cases} Lc = x_d - x_c \\ TCc = Lc / v_c \end{cases}$$

利用目标车辆当前位置的坐标 $(x_c, y_c)$ 与交通冲突点的坐标 $(x_d, y_d)$ ,计算目标车辆当前位置与交通冲突点之间的距离 $Lc$ ,其中, $x_d$ 为交通冲突点的横坐标, $x_c$ 为目标车辆当前位置的横坐标,进一步得到车辆发生交通冲突所需时间 $TCc$ ;

根据公式:

$$\begin{cases} Lp = y_d - y_p \\ TCp = Lp/v_p \end{cases}$$

利用行人当前位置坐标  $(x_p, y_p)$  与交通冲突点的坐标  $(x_d, y_d)$ , 计算行人当前位置与交通冲突点之间的距离  $Lp$ , 其中,  $y_d$  为交通冲突点的纵坐标,  $y_p$  为行人当前位置的纵坐标, 进一步得到行人发生交通冲突所需时间  $TCp$ ,  $v_p$  为行人实时速度;

其次, 获得目标车辆与行人发生交通冲突所需时间差  $\Delta TC = |TCc - TCp|$ , 根据时间差  $\Delta TC$  判断风险等级, 进一步得到风险等级系数, 当  $\Delta TC$  的值小于等于预设风险区间范围时, 交通冲突为高风险, 对应的风险等级系数为1, 当  $\Delta TC$  的值在预设风险区间范围内时, 交通冲突为低风险, 对应的风险等级系数为0.5, 当  $\Delta TC$  的值大于等于预设风险区间范围时, 交通冲突为安全, 对应的风险等级系数为0;

步骤S3-3、判断发生交通冲突时, 目标车辆或行人的紧迫程度, 所述紧迫程度分为紧迫、不紧迫, 根据紧迫程度进一步得到紧迫程度系数;

当目标车辆或者行人发生交通冲突所需时间小于预设临界值时, 紧迫程度为紧迫, 反之则为不紧迫;

当目标车辆或行人紧迫程度均为紧迫时, 对应的紧迫程度系数均为1;

当目标车辆或行人紧迫程度均为不紧迫时, 对应的紧迫程度系数均为0;

当目标车辆紧迫程度为紧迫、行人紧迫程度为不紧迫时, 目标车辆紧迫程度系数为0.6, 行人紧迫程度系数为0.3;

当目标车辆紧迫程度为不紧迫、行人紧迫程度为紧迫时, 目标车辆紧迫程度系数为0.3, 行人紧迫程度系数为0.6;

步骤S3-4、结合目标车辆与行人发生交通冲突所需时间、实时行驶速度、严重程度系数、风险等级系数、以及紧迫程度系数, 根据公式:

$$a_c = -\frac{v_c}{TCc} \cdot S \cdot f_{\Delta} \cdot f_c$$

$$a_p = -\frac{v_p}{TCp} \cdot S \cdot f_{\Delta} \cdot f_p$$

计算交通冲突影响在交通冲突点对目标车辆造成的初始减速度  $a_c$ 、对行人造成的初始减速度  $a_p$ , 其中,  $TCc$  为目标车辆发生交通冲突所需时间,  $TCp$  为行人发生交通冲突所需时间,  $S$  为交通冲突严重程度系数,  $f_{\Delta}$  为交通冲突风险等级程度系数,  $f_c$  为目标车辆紧迫程度系数,  $f_p$  为行人紧迫程度系数。

4. 根据权利要求3所述的一种基于交通冲突的行人与车辆交互仿真方法, 其特征在于, 所述步骤S4中, 对下一时刻车辆和行人的速度、位置进行计算, 具体包括以下步骤:

步骤S4-1、根据步骤S3-2中获得的危险程度系数分别确定车辆和行人的冲突数量修正系数, 根据公式:

$$f_z = 1 + 0.1(n_h - 1) + 0.05(n_l - 1)$$

其中,  $f_z$  为车辆或行人对应的冲突数量修正系数,  $n_h$  为车辆或行人面临的高风险交通冲突点的数量,  $n_l$  为车辆或行人面临的低风险交通冲突点的数量;

步骤S4-2、结合冲突数量修正系数、以及各个交通冲突点对应的加速度, 获得最小减速度作为最终减速度, 根据公式:

$$a'_c = f_z \cdot \min(a_c)$$

$$a'_p = f_z \cdot \min(a_p)$$

其中,  $a'_c$  为车辆采取的最终减速度,  $a'_p$  为行人采取的最终减速度;

步骤S4-3、计算下一时刻车辆和行人的行驶速度、位置, 根据公式:

$$v'_c = v_c + 3.6 \cdot (a_c + Rt_p \cdot Rt_c \cdot a'_c) \cdot t$$

$$x'_c = x_c + v'_c \cdot t$$

$$v'_p = v_p + 3.6 \cdot (a_p + Rt_p \cdot Rt_c \cdot a'_p) \cdot t$$

$$y'_p = y_p + v'_p \cdot t$$

其中,  $v'_c$ 、 $x'_c$  分别为下一时刻目标车辆的行驶速度和位置,  $Rt_p$ 、 $Rt_c$  分别为目标车辆和行人通行权,  $t$  为仿真步长,  $v'_p$ 、 $y'_p$  分别为下一时刻行人的行驶速度和位置。

5. 一种基于交通冲突的行人与车辆交互仿真系统, 其特征在于, 包括:

一个或多个处理器;

存储器, 存储可被操作的指令, 所述指令在通过所述一个或多个处理器执行时使得所述一个或多个处理器执行操作, 包括:

用于获取人行横道上的行人数据、各车道上的车辆数据、以及斑马线范围数据的模块;

用于基于行人数据和车辆数据, 判断目标车辆与行人之间是否存在交通冲突影响, 并在存在交通冲突影响时, 分别确定目标车辆与行人的实时位置、实时行驶速度、以及目标车辆与行人的交通冲突点的模块;

用于分别针对各个交通冲突点, 根据目标车辆与行人的实时行驶速度、以及目标车辆与行人的交通冲突点, 计算交叉口发生交通冲突时的冲突参数, 进一步通过计算得到存在交通冲突影响时目标车辆和行人的初始减速度, 即获得各个交通冲突点对应的冲突参数、以及目标车辆和行人的初始减速度的模块;

用于获得交叉口各个交通冲突点中目标车辆与行人的最小减速度, 实时获取并更新目标车辆和行人的实时行驶速度、位置的模块。

6. 一种存储软件的计算机可读取介质, 其特征在于, 所述软件包括能通过一个或多个计算机执行的指令, 所述指令在被所述一个或多个计算机执行时执行如所述权利要求1-4中任意一项所述行人与车辆交互仿真方法的操作。

## 一种基于交通冲突的行人与车辆交互仿真方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及交通安全分析技术领域,具体而言涉及一种基于交通冲突的行人与车辆交互仿真方法及系统。

### 背景技术

[0002] 交叉口作为城市道路网中的重要节点,也是交通网络中的瓶颈,大量的车辆和行人汇集于此。由于几十年来行人交通未得到应有的关注和重视,普遍存在着“步行难过街难”的现象,行人过街面临着效率低、安全性差、舒适性差的问题。我国城市交叉口中,车辆与行人交互频繁、干扰严重,特别是信号控制交叉口右转机动车与行人之间冲突严重。行人灵活,与车辆的交互也是伺机而动,使得车辆运行过程中将与不同的行人发生多次交互,行人也将与不同的车辆发生多次交互,并根据交互对象状态的变化进行动态多次决策。

[0003] 目前已经提出了一些人车交互模型,代表性的有社会力模型和间隙穿越类模型两类。社会力模型虽然能刻画行人和车辆的影响,但穿越时只能实现一方的减速避让,车辆、行人穿越阶段刻画不足。间隙穿越模型能较好的模拟车辆、行人穿越的阶段,但缺少了穿越前车辆与行人的影响。

### 发明内容

[0004] 为了克服上述现有技术的不足,本发明基于交通冲突技术的理念,以速度、距离冲突点的距离、到达冲突点的时间、车辆数、行人数量为基础,分析冲突的严重程度、风险等级、紧迫程度和数量修正系数,并以此为依据确定车辆、行人的避让措施、减速度、位置更新及穿越,综合考虑范围内车辆对行人的影响、行人对车辆的影响,进而为车辆、行人提供科学合理的速度判断和决策依据,准确、快速仿真多车道情况下的车辆与行人交互。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案为:

[0006] 一种基于交通冲突的行人与车辆交互仿真方法,用于对交叉口的交通冲突进行预测分析,包括以下步骤:

[0007] 步骤S1、获取人行横道上的行人数据、各车道上的车辆数据、以及斑马线范围数据;

[0008] 步骤S2、基于行人数据和车辆数据,判断目标车辆与行人之间是否存在交通冲突影响,当不存在交通冲突影响时,结束当前方法;

[0009] 当存在交通冲突影响时,分别确定目标车辆与行人的实时位置、实时行驶速度、以及目标车辆与行人的交通冲突点,随后进入步骤S3;

[0010] 步骤S3、分别针对各个交通冲突点,根据目标车辆与行人的实时行驶速度、以及目标车辆与行人的交通冲突点,计算发生交通冲突时的冲突参数,进一步通过计算得到存在交通冲突影响时目标车辆和行人的初始减速度,所述冲突参数包括严重程度系数、风险等级系数、以及紧迫程度系数,即获得各个交通冲突点对应的冲突参数、以及目标车辆和行人的初始减速度;

[0011] 步骤S4、获得交叉口各个交通冲突点中目标车辆与行人的最小减速度,实时获取并更新目标车辆和行人的实时行驶速度、位置,返回步骤S2。

[0012] 进一步地,前述步骤S2中,目标车辆与行人之间存在交通冲突影响的条件为:

[0013] 当目标车辆或者行人与斑马线的距离小于预设阈值,并且目标车辆和行人均具有通行权时,目标车辆与行人之间存在交通冲突影响;

[0014] 其中,当交叉口的交通信号灯为绿灯、或者交叉口不设有交通信号灯时,车辆与行人具有通行权,当交叉口的交通信号灯为红灯时,车辆与行人不具有通行权;

[0015] 目标车辆与行人保持当前方向和速度不变,继续移动,目标车辆轨迹与行人轨迹的交点为交通冲突点。

[0016] 进一步地,前述步骤S3包括以下步骤:

[0017] 步骤S3-1、根据目标车辆的实时行驶速度确定交通冲突的严重程度系数 $S = v_c / v_x$ ,中, $v_c$ 为目标车辆实时行驶速度, $v_x$ 为道路预设限速值;

[0018] 步骤S3-2、判断交通冲突的风险等级,所述风险等级分为高风险、低风险、安全,首先,分别计算车辆和行人当前位置与交通冲突点之间的距离,根据距离分别计算发生交通冲突所需时间,根据公式:

$$[0019] \quad \begin{cases} Lc = x_d - x_c \\ TCc = Lc / v_c \end{cases}$$

[0020] 利用目标车辆当前位置的坐标 $(x_c, y_c)$ 与交通冲突点的坐标 $(x_d, y_d)$ ,计算目标车辆当前位置与交通冲突点之间的距离 $Lc$ ,其中, $x_d$ 为交通冲突点的横坐标, $x_c$ 为目标车辆当前位置的横坐标,进一步得到车辆发生交通冲突所需时间 $TCc$ ;

[0021] 根据公式:

$$[0022] \quad \begin{cases} Lp = y_d - y_p \\ TCp = Lp / v_p \end{cases}$$

[0023] 利用行人当前位置坐标 $(x_p, y_p)$ 与交通冲突点的坐标 $(x_d, y_d)$ ,计算行人当前位置与交通冲突点之间的距离 $Lp$ ,其中, $y_d$ 为交通冲突点的纵坐标, $y_p$ 为行人当前位置的纵坐标,进一步得到行人发生交通冲突所需时间 $TCp$ ;

[0024] 其次,获得目标车辆与行人发生交通冲突所需时间差 $\Delta TC = |TCc - TCp|$ ,根据时间差 $\Delta TC$ 判断风险等级,进一步得到风险等级系数,当 $\Delta TC$ 的值小于等于预设风险区间范围时,交通冲突为高风险,对应的风险等级系数为1,当 $\Delta TC$ 的值在预设风险区间范围内时,交通冲突为低风险,对应的风险等级系数为0.5,当 $\Delta TC$ 的值大于等于预设风险区间范围时,交通冲突为安全,对应的风险等级系数为0;

[0025] 步骤S3-3、判断发生交通冲突时,目标车辆或行人的紧迫程度,所述紧迫程度分为紧迫、不紧迫,根据紧迫程度进一步得到紧迫程度系数;

[0026] 当目标车辆或者行人发生交通冲突所需时间小于预设临界值时,紧迫程度为紧迫,反之为不紧迫;

[0027] 当目标车辆或行人紧迫程度均为紧迫时,对应的紧迫程度系数均为1;

[0028] 当目标车辆或行人紧迫程度均为不紧迫时,对应的紧迫程度系数均为0;

[0029] 当目标车辆紧迫程度为紧迫、行人紧迫程度为不紧迫时,目标车辆紧迫程度系数为0.6,行人紧迫程度系数为0.3;

[0030] 当目标车辆紧迫程度为不紧迫、行人紧迫程度为紧迫时,目标车辆紧迫程度系数为0.3,行人紧迫程度系数为0.6;

[0031] 步骤S3-4、结合目标车辆与行人发生交通冲突所需时间、实时行驶速度、严重程度系数、风险等级系数、以及紧迫程度系数,根据公式:

$$[0032] \quad a_c = -\frac{v_c}{TC_c} \cdot S \cdot f_{\Delta} \cdot f_c$$

$$[0033] \quad a_p = -\frac{v_p}{TC_p} \cdot S \cdot f_{\Delta} \cdot f_p$$

[0034] 计算交通冲突影响在交通冲突点对目标车辆造成的初始减速度 $a_c$ 、对行人造成的初始减速度 $a_p$ ,其中, $TC_c$ 为目标车辆发生交通冲突所需时间, $TC_p$ 为行人发生交通冲突所需时间, $S$ 为交通冲突严重程度系数, $f_{\Delta}$ 为交通冲突风险等级程度系数, $f_c$ 为目标车辆紧迫程度系数, $f_p$ 为行人紧迫程度系数。

[0035] 进一步地,前述步骤S4中,对下一时刻车辆和行人的速度、位置进行计算,具体包括以下步骤:

[0036] 步骤S4-1、根据步骤S3-2中获得的危险程度系数分别确定车辆和行人的冲突数量修正系数,根据公式:

$$[0037] \quad f_z = 1 + 0.1(n_h - 1) + 0.05(n_l - 1)$$

[0038] 其中, $f_z$ 为车辆或行人对应的冲突数量修正系数, $n_h$ 为车辆或行人面临的高风险交通冲突点的数量, $n_l$ 为车辆或行人面临的低风险交通冲突点的数量;

[0039] 步骤S4-2、结合冲突数量修正系数、以及各个交通冲突点对应的加速度,获得最小减速度作为最终减速度,根据公式:

$$[0040] \quad a'_c = f_z \cdot \min(a_c)$$

$$[0041] \quad a'_p = f_z \cdot \min(a_p)$$

[0042] 其中, $a'_c$ 为车辆采取的最终减速度, $a'_p$ 为行人采取的最终减速度;

[0043] 步骤S4-3、计算下一时刻车辆和行人的行驶速度、位置,根据公式:

$$[0044] \quad v'_c = v_c + 3.6 \cdot (a_c + Rt_p \cdot Rt_c \cdot a'_c) \cdot t$$

$$[0045] \quad x'_c = x_c + v'_c \cdot t$$

$$[0046] \quad v'_p = v_p + 3.6 \cdot (a_p + Rt_p \cdot Rt_c \cdot a'_p) \cdot t$$

$$[0047] \quad y'_p = y_p + v'_p \cdot t$$

[0048] 其中, $v'_c$ 、 $x'_c$ 分别为下一时刻目标车辆的行驶速度和位置, $Rt_p$ 、 $Rt_c$ 分别为目标车辆和行人通行权, $t$ 为仿真步长, $v'_p$ 、 $y'_p$ 分别为下一时刻行人的行驶速度和位置。

[0049] 本发明的第二方面提出一种基于交通冲突的行人与车辆交互仿真系统,包括:

[0050] 一个或多个处理器;

[0051] 存储器,存储可被操作的指令,所述指令在通过所述一个或多个处理器执行时使得所述一个或多个处理器执行操作,包括:

[0052] 用于获取人行横道上的行人数据、各车道上的车辆数据、以及斑马线范围数据的模块;

[0053] 用于基于行人数据和车辆数据,判断目标车辆与行人之间是否存在交通冲突影响,并在存在交通冲突影响时,分别确定目标车辆与行人的实时位置、实时行驶速度、以及

目标车辆与行人的交通冲突点的模块；

[0054] 用于分别针对各个交通冲突点，根据目标车辆与行人的实时行驶速度、以及目标车辆与行人的交通冲突点，计算交叉口发生交通冲突时的冲突参数，进一步通过计算得到存在交通冲突影响时目标车辆和行人的初始减速度，即获得各个交通冲突点对应的冲突参数、以及目标车辆和行人的初始减速度的模块；

[0055] 用于获得交叉口各个交通冲突点中目标车辆与行人的最小减速度，实时获取并更新目标车辆和行人的实时行驶速度、位置的模块。

[0056] 本发明的第三方面提出一种存储软件的计算机可读取介质，所述软件包括能通过一个或多个计算机执行的指令，所述指令在被所述一个或多个计算机执行时执行任意一项所述行人与车辆交互仿真方法的操作。

[0057] 本发明所述一种基于交通冲突的行人与车辆交互仿真方法及系统，采用以上技术方案与现有技术相比，具有以下技术效果：

[0058] 1) 相比于其他过街行人与车辆交互的仿真方法和系统，根据避免冲突的发生、严重程度建立了人和车辆之间的避让逻辑顺序和考虑因素，从而实现对场景的真实模拟。

[0059] 2) 相比于其他过街行人与车辆交互的仿真方法和系统，根据车辆和行人到达冲突点的时间差判断冲突的风险大小，分为高风险、低风险和安全三类，并且根据到达冲突点的时间判断避让措施的紧迫程度，车辆和行人紧迫程度对应着四种情形，真实地刻画出行人和车辆进行避让决策的过程。

[0060] 3) 相比于其他过街行人与车辆交互的仿真方法和系统，考虑了多车道车辆与行人交互的情况，更叫符合实际人车交互实际，扩大运用场景。

[0061] 4) 相比于其他过街行人与车辆交互的仿真方法和系统，通过设置车辆和行人的通行权，不仅能够刻画信号交叉口右转车辆与行人交互的场景，而且还能刻画非信号控制交叉口车辆与行人交互的场景。

[0062] 5) 相比于其他过街行人与车辆交互的仿真方法和系统只能实现穿越或减速避让，本发明能够实现车辆穿越行人流和行人穿越车流，同时还能刻画行人与车辆间的相互影响，实现车辆、行人的避让，模拟行人和车辆同时减速的情形。

## 附图说明

[0063] 图1为本发明示例性实施例的行人与车辆交互仿真方法的结构流程图；

[0064] 图2为本发明示例性实施例的交通冲突影响的结构示意图。

## 具体实施方式

[0065] 为了更了解本发明的技术内容，特举具体实施例并配合所附图式说明如下。

[0066] 在本公开中参照附图来描述本发明的各方面，附图中示出了许多说明的实施例。本公开的实施例不必定义在包括本发明的所有方面。应当理解，上面介绍的多种构思和实施例，以及下面更加详细地描述的那些构思和实施方式可以以很多方式中任意一种来实施，这是因为本发明所公开的构思和实施例并不限于任何实施方式。另外，本发明公开的一些方面可以单独使用，或者与本发明公开的其他方面的任何适当组合来使用。

[0067] 结合图1所示的本发明示例性实施例的行人与车辆交互方法的流程，基于交通冲

突技术的理念,以速度、距离冲突点的距离、到达冲突点的时间、车辆数、行人数量为基础,分析冲突的严重程度、风险等级、紧迫程度和冲突数量修正系数,并以此为依据确定车辆、行人的减速度、位置更新及穿越,综合考虑范围内车辆对行人的影响、行人对车辆的影响,进而为车辆、行人提供科学合理的速度判断和决策依据,准确、快速仿真多车道情况下的车辆与行人交互,结合图1-图2,更加具体的描述本发明的实现过程。

[0068] 实施例、

[0069] 根据既有车辆信息数据库、行人信息数据库,读取人行横道上所有行人微观数据和各车道的车辆微观数据,读取斑马线范围;

[0070] 确定目标车辆的通行权,以车辆的驱动模型计算加速度,判断目标车辆是否受冲突影响;

[0071] 确定行人的通行权,以行人的驱动模型计算加速度,判断行人是否受冲突影响;

[0072] 分别确定车辆与行人的冲突点位置,分别计算车辆、行人距离冲突点的距离和距离冲突发生的时间;

[0073] 确定各组冲突的严重程度系数和风险等级系数以及车辆与行人紧迫程度,并据此计算各组冲突造成的减速度;

[0074] 分别确定各车辆、行人的数量修正系数和减速度和速度,并更新位置。

[0075] 本发明提供的示例性实施例,如图2所示,选取交叉口区域,西进口道为两车道,斑马线为南北向。 $y$ 轴平行于斑马线中心线, $x$ 轴平行于车道中心线。斑马线西侧边界坐标为 $x=76m$ ,南侧边界坐标 $y=10m$ 。图中数字表示行人及其编号,虚线为车辆和行人当前移动的方向延长线,交点即为交通冲突点,虚线方框圈出交通冲突点并进行编号。车辆和行人的信息如表1所示:

[0076] 表1

编号	横坐标 $m$	纵坐标 $m$	速度 $km/h$	加速度 $m/s^2$	通行权
[0077] 车辆 1	8.0	15.0	46.0	1.0	1
车辆 2	65.0	11.5	32.0	1.5	1
[0078] 行人 1	80.0	9.5	5.0	0.2	1
行人 2	77.0	6.5	10.0	0.2	1
行人 3	82.0	6.0	12.0	0.3	1
行人 4	83.0	2.0	16.0	0.2	1

[0079] (A) 车辆信息数据库、行人信息数据库,人行横道上所有行人微观数据和各车道的车辆微观数据上表所示;

[0080] (B) 车辆的通行权、加速度如表所示;计算可知车辆是否受冲突影响,采用如下公式进行判断;

[0081]  $x_i+150 > x_0$  且  $Rt_c * Rt_p = 1$

[0082] 车辆1:  $x_1+150 = 8+150 = 158m > x_0 = 76m$  且  $Rt_c * Rt_p = 1*1 = 1$ , 满足;

[0083] 车辆2:  $x_2+150 = 65+150 = 216m > x_0 = 76m$  且  $Rt_c * Rt_p = 1*1 = 1$ , 满足;

[0084] 需要考虑行人与车辆冲突产生的影响,转入步骤(C);

[0085] (C) 行人的通行权、加速度如表所示;计算可知行人是否受冲突影响,采用如下公

式进行判断；

[0086]  $y_j+10>y_0$ 且 $Rt_c * Rt_p = 1$

[0087] 以行人1为例： $y_1+10=9.5+10>y_0=10$ 且 $Rt_c * Rt_p = 1*1=1$ ，满足；行人2、3、4都满足条件，因此都需要考虑车辆与行人冲突尝试的影响，转入步骤(D)；

[0088] (D) 以车辆1和行人1为例，车辆1与行人1的冲突点(1,1)坐标为(80,15)。车辆i距离冲突点(i,j)的距离 $Lc_{i,j}$ 和距离冲突发生的时间 $TCc_{i,j}$ 采用如下公式计算；

[0089]  $Lc_{i,j} = x_{i,j} - x_i$

[0090]  $TCc_{i,j} = Lc_{i,j} / v_{ci}$

[0091] 以车辆1的冲突点(1,1)为例；

[0092]  $Lc_{1,1} = x_{1,1} - x_1 = 80 - 8 = 72m$

[0093]  $TCc_{1,1} = \frac{Lc_{1,1}}{v_{c1}} = \frac{72}{(46/3.6)} = 5.6s$

[0094] 其他 $TCc_{i,j}$ 如下表所示

[0095]

(i, j)	1	2	3	4
1	5.6	5.4	5.8	5.9
2	1.7	1.4	1.9	2.0

[0096] 行人i距离冲突点(i,j)的距离 $Lp_{i,j}$ 和距离冲突发生的时间 $TCp_{i,j}$ 采用如下公式计算；

[0097]  $Lp_{i,j} = y_{i,j} - y_j$

[0098]  $TCp_{i,j} = Lp_{i,j} / v_{pj}$

[0099] 以行人1的冲突点(1,1)为例；

[0100]  $Lp_{1,1} = y_{1,1} - y_1 = 15 - 9.5 = 5.5m$

[0101]  $TCp_{1,1} = Lp_{1,1} / v_{p1} = 5.5 / (5/3.6) = 4s$

[0102] 其他 $TCp_{i,j}$ 如下表所示

[0103]

(i, j)	1	2	3	4
1	1.4	3.1	2.7	2.9
2	0.5	1.8	1.7	2.1

[0104] (E) 冲突严重系数 $S_{i,j}$ ，采用如下公式计算；

[0105]  $S_{i,j} = v_{ci} / 30$

[0106]  $S_{1,j} = v_{c1} / 30 = 46 / 30 = 1.53$

[0107]  $S_{2,j} = v_{c2} / 30 = 32 / 30 = 1.07$

[0108] 根据(D)中获得的车辆距离冲突发生的时间 $TCc_{i,j}$ 和行人距离冲突发生的时间 $TCp_{i,j}$ 确定时间差 $\Delta TC_{i,j}$ ，据此判断冲突点(i,j)的风险等级，划分模型及标准如下；

[0109]  $\Delta TC_{i,j} = |TCc_{i,j} - TCp_{i,j}|$

[0110] 以冲突点(1,1)为例；

[0111]  $\Delta TC_{1,1} = |TCc_{1,1} - TCp_{1,1}| = |5.6 - 4.0| = 1.6s \leq 2s$ ，为低风险，系数 $f_{\Delta} = 0.5$ ；

[0112] 其他 $\Delta TC_{i,j}$ 和 $f_{\Delta}$ 对应的系数如下表所示：

$(i, j)$	1		2		3		4	
	$\Delta TC$	$f_{\Delta}$						
[0113] 1	1.7 低风险	0.5	0.4 高风险	1	0.2 高风险	1	2.2 安全	0
2	0.2 高风险	1	1.6 低风险	0.5	1.8 低风险	0.5	3.9 安全	0

[0114] 对于冲突点  $(i, j)$ , 若车辆(行人)距离冲突发生的时间  $TCc_{i,j}$  ( $TCp_{i,j}$ ) 小于临界值  $TCc_0$  ( $TCp_0$ ) 则为紧迫, 否则为不紧迫, 临界值  $TC$  计算模型如下;

[0115]  $TCc_i = \frac{v_{ci} - 5}{3.6 \times 5} + 0.5$

[0116]  $TCp_j = \frac{v_{pj} - 3}{3.6 \times 3} + 0.5$

[0117] 以车辆1为例,

[0118]  $TCc_1 = \frac{v_{c1} - 5}{3.6 \times 5} + 0.5 = \frac{46 - 5}{3.6 \times 5} + 0.5 = 2.8s$

[0119] 其他值按模型计算可得,  $TCc_2 = 2s$ ,  $TCp_1 = 1.5s$ ,  $TCp_2 = 1.1s$ ,  $TCp_3 = 1.3s$ ,  $TCp_4 = 1.7s$ ;

[0120] 车辆紧迫程度与行人紧迫程度都为紧迫时, 对应的系数  $f_{cu} = 1, f_{pu} = 1$ ; 车辆紧迫程度与行人紧迫程度都为不紧迫时, 对应的系数  $f_{cu} = 0, f_{pu} = 0$ ; 车辆为紧迫而行人不紧迫时, 对应的系数  $f_{cu} = 0.6, f_{pu} = 0.3$ ; 车辆为不紧迫而行人紧迫时, 对应的系数  $f_{cu} = 0.3, f_{pu} = 0.6$ ;

[0121] 对于冲突点  $(i, j)$ , 车辆  $i$  紧迫程度对应的紧迫程度系数  $f_{cu}$ ;

[0122]

$(i, j)$	1	2	3	4
1	0.3	0	0	0
2	1	0.6	0.6	0.6

[0123] 对于冲突点  $(i, j)$ , 行人  $j$  紧迫程度对应的紧迫程度系数  $f_{pu}$ ;

[0124]

$(i, j)$	1	2	3	4
1	0.6	0	0	0
2	1	0.3	0.3	0.3

[0125] 在此基础上, 进而确定驾驶员针对冲突点  $(i, j)$  采取的减速度  $a_{c_{i,j}}$ , 计算模型如下所示;

[0126]  $a_{c_{i,j}} = -\frac{v_{ci}}{3.6 \cdot TCc_{i,j}} \cdot S_j \cdot f_{\Delta i,j} \cdot f_{cu_{i,j}}$

[0127] 以车辆1对冲突点  $(1, 1)$  采取的减速度  $a_{c_{1,1}}$  为例,

[0128]  $a_{c_{1,1}} = -\frac{v_{c1}}{TCc_{1,1}} \cdot S_{1,1} \cdot f_{\Delta 1,1} \cdot f_{cu_{1,1}} = -\frac{46}{5.6} \times 1.53 \times 0.5 \times 0.3 = -0.5$

[0129] 其他值按模型计算可得;

[0130]	(i, j)	1	2	3	4
	1	-0.5	0.0	0.0	0.0
	2	-5.6	-2.1	-1.5	0.0

[0131] 行人针对冲突点 (i, j) 采取的减速度  $a_{pi,j}$  计算模型如下所示;

$$[0132] \quad a_{pi,j} = -\frac{v_{pj}}{3.6 \cdot TCc_{i,j}} \cdot S_i \cdot f_{\Delta i,j} \cdot f_{pu_{i,j}}$$

[0133] 以行人1对冲突点 (1, 1) 采取的减速度  $a_{p1,1}$  为例,

$$[0134] \quad a_{p1,1} = -\frac{v_{p1}}{TCp_{1,1}} \cdot S_{1,1} \cdot f_{\Delta 1,1} \cdot f_{pu_{1,1}} = -\frac{14}{1.4} \times 1.53 \times 0.5 \times 0.6 = -1.3$$

[0135] 其他值按模型计算可得;

[0136]	(i, j)	1	2	3	4
	1	-1.3	0.0	0.0	0.0
	2	-8.3	-0.2	-0.3	0.0

[0137] (F) 各车辆的数量修正系数  $f_{ni}$  按照如下模型计算;

$$[0138] \quad f_{ni} = 1 + 0.1 (n_{ih} - 1) + 0.05 (n_{il} - 1)$$

[0139] 车辆 i 面临的冲突点中高风险的数量为  $n_{ih}$ , 低风险的数量为  $n_{il}$ ;

$$[0140] \quad f_{n1} = 1 + 0.1 (2 - 1) + 0.05 (1 - 1) = 1.1$$

$$[0141] \quad f_{n2} = 1 + 0.1 (1 - 1) + 0.05 (2 - 1) = 1.05$$

[0142] 行人数量修正系数  $f_{nj}$ , 计算模型如下;

$$[0143] \quad f_{nj} = 1 + 0.1 (n_{jh} - 1) + 0.05 (n_{jl} - 1)$$

[0144] 行人 j 面临的冲突点中高风险的数量为  $n_{jh}$ , 低风险的数量为  $n_{jl}$ ;

$$[0145] \quad f_{n1} = 1 + 0.1 (1 - 1) + 0.05 (1 - 1) = 1$$

$$[0146] \quad f_{n2} = 1, f_{n2} = 1, f_{n2} = 0.85$$

[0147] 车辆 i 最终采取的减速度  $a'_{ci}$ 、速度  $v'_{ci}$  和下一时刻的位置计算模型如下, t 为仿真步长, 为 0.1s;

$$[0148] \quad a'_{ci} = f_{ni} \cdot \min(a_{ci,1}, a_{ci,1}, \dots, a_{ci,n})$$

$$[0149] \quad v'_{ci} = v_{ci} + 3.6 \cdot (a_{ci} + Rt_p \cdot Rt_c \cdot a'_{ci}) \cdot t$$

$$[0150] \quad x'_i = x_i + v'_{ci} \cdot t$$

[0151] 以车辆1为例;

$$[0152] \quad a'_{c1} = f_{n1} \cdot \min(a_{c1,1}, a_{c1,1}, \dots, a_{c1,4}) = 1.1 \times (-0.5) = -0.55 \text{m/s}^2$$

$$[0153] \quad v'_{c1} = v_{c1} + 3.6 \cdot (a_{c1} + Rt_p \cdot Rt_c \cdot a'_{c1}) \cdot t = 46 + 3.6 \times (1 - 0.55) \times 0.1 = 46.16 \text{km/h}$$

$$[0154] \quad x'_1 = x_1 + v'_{c1} \cdot t = 8 + \frac{46.16}{3.6} \times 0.1 = 9.28 \text{m}$$

$$[0155] \quad a'_{c2} = -5.88 \text{m/s}^2, v'_{c2} = 30.6 \text{km/h}, x'_2 = 65.85 \text{m};$$

[0156] 行人 j 最终采取的减速度  $a'_{pj}$ 、速度  $v'_{pj}$  和下一时刻的位置计算模型如下;

$$[0157] \quad a'_{pj} = f_{ni} \cdot \min(a_{p1,j}, a_{c2,j}, \dots, a_{cm,j})$$

$$[0158] \quad v'_{pj} = v_{pj} + 3.6 \cdot (a_{pj} + Rt_p \cdot Rt_c \cdot a'_{pj}) \cdot t$$

$$[0159] \quad y'_j = y_j + v'_{pj} \cdot t$$

[0160] 以行人1为例;

$$[0161] \quad a'_{p1} = f_{ni} \cdot \min(a_{p1,1}, a_{c2,1}) = 1 \times (-8.32) = 8.32 \text{m/s}^2$$

$$[0162] \quad v'_{p1} = v_{p1} + 3.6 \cdot (a_{p1} + Rt_p \cdot Rt_c \cdot a'_{p1}) \cdot t = 14 + 3.6 \times (0.2 - 8.32) = 11.08 \text{km/h}$$

$$[0163] \quad y'_1 = y_1 + v'_{p1} \cdot t = 9.5 + 11.08 \times 0.1 = 10.61 \text{m}$$

[0164] 其他值参照模型可得;

$$[0165] \quad a'_{p2} = -0.25 \text{m/s}^2, v'_{p2} = 9.98 \text{km/h}, y'_2 = 7.5 \text{m};$$

$$[0166] \quad a'_{p3} = -0.31 \text{m/s}^2, v'_{p3} = 11.99 \text{km/h}, y'_3 = 7.2 \text{m}$$

$$[0167] \quad a'_{p4} = 0 \text{m/s}^2, v'_{p4} = 16.07 \text{km/h}, y'_3 = 3.6 \text{m}$$

[0168] 返回步骤(A),再次执行步骤。

[0169] 根据本发明公开的实施例,还提出一种基于交通冲突的行人与车辆交互仿真系统,包括:

[0170] 用于获取人行横道上的行人数据、各车道上的车辆数据、以及斑马线范围数据的模块;

[0171] 用于基于行人数据和车辆数据,判断目标车辆与行人之间是否存在交通冲突影响,并在存在交通冲突影响时,分别确定目标车辆与行人的实时位置、实时行驶速度、以及目标车辆与行人的交通冲突点的模块;

[0172] 用于分别针对各个交通冲突点,根据目标车辆与行人的实时行驶速度、以及目标车辆与行人的交通冲突点,计算交叉口发生交通冲突时的冲突参数,进一步通过计算得到存在交通冲突影响时目标车辆和行人的初始减速度,即获得各个交通冲突点对应的冲突参数、以及目标车辆和行人的初始减速度的模块;

[0173] 用于获得交叉口各个交通冲突点钟目标车辆与行人的最小减速度,实时获取并更新目标车辆和行人的实时行驶速度、位置的模块。

[0174] 作为优选,还包括一个或多个处理器;

[0175] 存储器,存储可被操作的指令,所述指令在通过所述一个或多个处理器执行时使得所述一个或多个处理器执行操作,所述操作包括执行前述任一实施例的行人与车辆交互仿真方法的过程。

[0176] 尤其优选的,前述的处理器为计算机系统的处理器,包括但不限于基于ARM的嵌入式处理器、基于X86的微处理器或者基于类型的处理器。

[0177] 存储器被设置成可存储数据的载体,通常包括RAM和ROM。

[0178] 应当理解,计算机系统可以通过总线与各子系统进行通信,获取相应参数,实现对各子系统的运行实施控制。

[0179] 虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然其并非用以限定本发明。本发明所属技术领域中具有通常知识者,在不脱离本发明的精神和范围内,当可作各种的更动与润饰。因此,本发明的保护范围当视权利要求书所界定者为准。

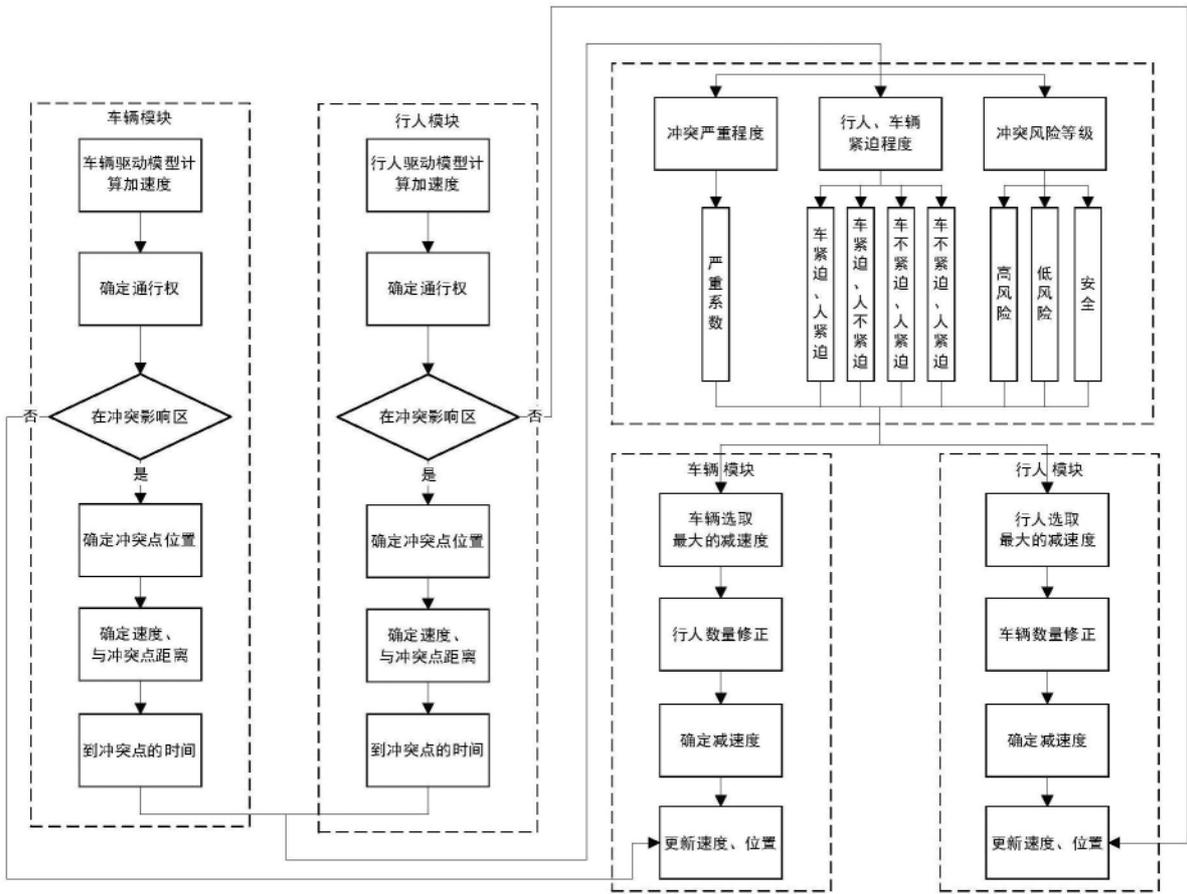


图1

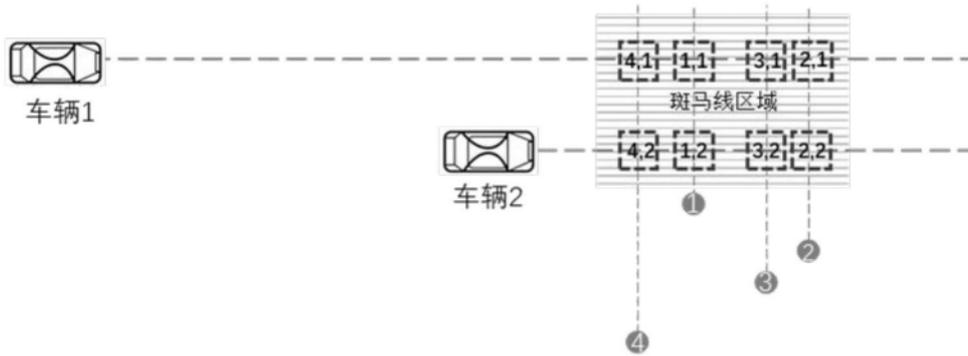


图2