

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 12 月 12 日 (12.12.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/251300 A1

(51) 国际专利分类号:
G08G 1/16 (2006.01)

江苏省南京市玄武区中山东路 301 号,
Jiangsu 210002 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2024/103767

(22) 国际申请日: 2024 年 7 月 5 日 (05.07.2024)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202311087462.7 2023年8月28日 (28.08.2023) CN

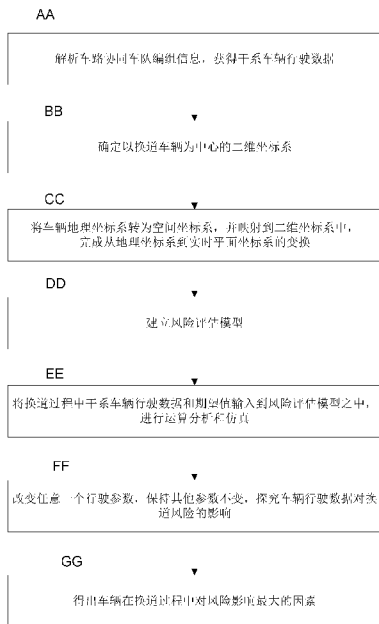
(71) 申请人: 南京航空航天大学 (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS) [CN/CN]; 中国江苏省常州市溧阳市滨河东路 29 号, Jiangsu 213300 (CN)。南京熊猫电子股份有限公司 (NANJING PANDA ELECTRONICS CO., LTD.) [CN/CN]; 中国

(72) 发明人: 吴红兰 (WU, Honglan); 中国江苏省常州市溧阳市滨河东路 29 号, Jiangsu 213300 (CN)。张跃 (ZHANG, Yue); 中国江苏省南京市玄武区中山东路 301 号, Jiangsu 210002 (CN)。郭旭周 (GUO, Xuzhou); 中国江苏省南京市玄武区中山东路 301 号, Jiangsu 210002 (CN)。孙有朝 (SUN, Youchao); 中国江苏省常州市溧阳市滨河东路 29 号, Jiangsu 213300 (CN)。

(74) 代理人: 南京苏高专利商标事务所 (普通合伙) (NANJING SUGAO PATENT AND TRADEMARK FIRM (ORDINARY PARTNERSHIP)); 中国江苏省南京市白下区中山东路 198 号龙台国际大厦 1912 室, Jiangsu 210005 (CN)。

(54) Title: VEHICLE-INFRASTRUCTURE COOPERATION LANE-CHANGING RISK ASSESSMENT METHOD BASED ON COORDINATE TRANSFORMATION

(54) 发明名称: 一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法



AA Parse platooning information of a vehicle-infrastructure cooperation vehicle platoon, so as to obtain traveling data of relevant vehicles
BB Determine a two-dimensional coordinate system which uses a lane-changing vehicle as a center
CC Transform a geographic coordinate system of the vehicles into a space coordinate system, and map the space coordinate system into the two-dimensional coordinate system, thereby completing a transformation from the geographic coordinate system into a real time planar coordinate system
DD Establish a risk assessment model
EE Input the traveling data of the relevant vehicles and an expected value during a lane-changing process into the risk assessment model, and perform operation analysis and simulation
FF Change any one traveling parameter, keep the other parameters unchanged, and explore the impact of the traveling data of the vehicles on a lane-changing risk
GG Obtain a factor that has the greatest impact on the risk during the lane-changing process of the vehicle

图 1

(57) Abstract: Disclosed in the present invention is a vehicle-infrastructure cooperation lane-changing risk assessment method based on a coordinate transformation. The method comprises: parsing vehicle platooning information parameters of a vehicle-infrastructure cooperation platform, so as to obtain traveling data of relevant vehicles; determining a two-dimensional coordinate system which uses a lane-changing vehicle as center coordinates; transforming a geographic coordinate system into a space coordinate system, and mapping the space coordinate system into the two-dimensional coordinate system, thereby completing a transformation from the geographic

[见续页]



(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。
- 在修改权利要求的期限届满之前进行, 在收到该修改后将重新公布(细则48.2(h))。
- 根据申请人的请求, 在条约第21条(2)(a)所规定的期限届满之前进行。

coordinate system into a real-time planar coordinate system; establishing a risk assessment model; inputting the traveling data of the relevant vehicles and an expected value during a lane-changing process into the risk assessment model, and performing operation analysis and simulation; exploring the impact of the traveling data of the vehicles on a lane-changing risk; and obtaining a factor that has the greatest impact on the risk during the lane-changing process of the vehicle. In the present invention, a collision risk caused by a vehicle changing lanes during traveling is calculated by means of a coordinate transformation algorithm and a lane-changing risk assessment model, such that a risk index is quantified, thereby ensuring the safety and effectiveness of the vehicle during a lane-changing process, and providing a new way of thought for lane-changing logic determination and lane-changing path planning.

(57) 摘要: 本发明公开了一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法, 包括解析车路协同平台车辆编队信息参数, 获得干系车辆行驶数据; 确定以换道车辆为中心坐标的二维坐标系; 将地理坐标系变换为空间坐标系, 并映射到二维坐标系之中, 完成从地理坐标系到实时平面坐标系的变换; 建立风险评估模型; 将换道过程中干系车辆行驶数据和期望值输入到风险评估模型之中, 进行运算分析和仿真; 探究车辆行驶数据对换道风险的影响, 得出车辆在换道过程中对风险影响最大的因素。本发明借助坐标变换算法和换道风险评估模型, 计算车辆在行驶中变换车道带来的碰撞风险, 量化风险指数, 保证了车辆在换道过程中的安全性和有效性, 为换道逻辑判断和换道路径规划提供新思路。

一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法

技术领域

本发明属于车路协同系统风险评估领域，具体涉及一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法。

背景技术

随着车路协同技术的发展和智能网联汽车技术的突破和普及，车辆在行驶中变道行为带来的碰撞风险也逐渐成为研究的趋势。但由于车辆行驶环境、道路类型、道路路况等因素相对复杂且多样性，没有统一的方法对换道风险进行评估。在之前的研究中，尽管评估方法各不相同，但均以换道车辆本身所能采集到的数据作为评估参数来建立评估模型，无法准确识别周围车辆的行驶意图，对所得出的结论也大多时定性的。同时，存在人为因素的影响，驾驶员的主观随机驾驶行为，会使得一些评估参数产生较大的差异，导致参数无效，最终对评估结果产生较大的偏差。

现有研究成果中还未出现相关成果使用车路协同平台对车辆信息进行编队，使用统一方法来评估车辆换道风险，分析风险产生的影响因素，所以需要一个新的技术方案来实现。

发明内容

发明目的：为了克服现有技术中存在的车辆换道风险评估模型的不足，提出了一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法，通过车辆地理坐标系变换映射，实现二维坐标变换统一化，建立风险评估模型，分析车辆在换道过程中影响风险的因素，保证车辆在换道过程中的安全性和有效性，为换道逻辑判断和换道路径规划提供了一条新思路。

技术方案：为实现上述目的，本发明提供一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法，包括如下步骤：

S1：换道车辆接收并解析车路协同车辆编组信息，获取干系车辆行驶数据；

S2：确定以换道车辆为中心点的二维坐标系；

S3：分别将步骤 S1 中解析到的干系车辆地理坐标转为空间坐标系，并映射到步骤 S2 的二维坐标系中，完成干系车辆地理坐标系到二维坐标系的变换；

S4：基于步骤 S3 所建立的二维坐标系，构建车辆换道风险评估模型；

S5：将步骤 S1 所解析到的干系车辆行驶参数，输入至步骤 S4 建立的风险评估模型之中，并进行计算仿真；

S6：改变任意一个车辆的行驶数据并保持其他参数不变的情况下，进一步进行计算仿真，分析单个参数对换道风险的影响；

S7: 对比计算仿真结果, 得出对换道风险影响最大的因素。

进一步地, 所述步骤 S1 中车辆编组信息是一组车辆的实时行驶数据集, 使用 D 表示, 车辆信息使用 C 表示, 则 $D = [C_1, C_2, C_3, \dots, C_n]$ 。

车辆信息 $C_i = \{p_i, v_i, a_i, r_i, \Delta p_b, \theta_i\}$, 其中, $p_i = (L_i, B_i, H_i)$ 为车辆 i 的实时地理坐标信息 (L_i 为经度, B_i 为纬度, H_i 为高程), v_i 为车辆 i 的行驶速度, a_i 为车辆 i 的行驶加速度, r_i 为车辆 i 的所在车道, $\Delta p_b = (\Delta L_b, \Delta B_b, \Delta H_b)$ 为定位基准站的位置矫正信息, θ_i 为车辆 i 的转向角度。

进一步地, 所述步骤 S2 建立以换道车辆 P_0 为中心点的二维坐标系, 以正北为 Y 轴正方向, 正东为 X 轴正方向, 与地球空间坐标系方向保持一致, 便于后续对地理坐标系进行平移转换。

进一步地, 所述步骤 S3 中将步骤 S1 中解析到的车辆地理坐标点信息, 利用定位基准站进行定位误差消减, 进而转换成二维坐标系, 完成车辆点位向二维坐标系的映射。具体的变换过程为:

A1: 根据定位基准站标准经纬度误差, 对车辆经纬度进行统一矫正处理, 降低误差干扰, 得到实际坐标 $p'_i(L'_i, B'_i, H'_i)$ 。

$$\begin{cases} L'_i = L_i - \Delta L_b \\ B'_i = B_i - \Delta B_b \\ H'_i = H_i - \Delta H_b \end{cases}$$

由于在同一时刻, 换道车辆与编组车辆的相对距离较近, 其所处路段的高程信息变化不大, 因此, 在后续的坐标变换过程中, 忽略了高程信息对换道风险的影响, 只使用 L'_i, B'_i , 进行计算。

A2: 根据矫正后的车辆定位经纬度信息 p'_i , 分别计算编组内车辆距离换道车辆 $p'_0(L'_0, B'_0, H'_0)$ 之间的距离 l_{i0} 。

$$l_{i0} = 2 * R * \sin^{-1} \left(\sqrt{\left(\sin \frac{PI(B'_i - B'_0)}{360} \right)^2 + \cos \frac{PI * B'_i}{180} \cos \frac{PI * B'_0}{180} + \left(\sin \frac{PI(L'_i - L'_0)}{360} \right)^2} \right)$$

其中, l_{i0} 为车辆 i 距离换道车辆的距离, R 为地球半径, PI 为圆周率。

A3: 将地球中心点坐标平移到换道车辆中心, 保持 X 和 Y 轴方向不变, 忽略 Z 轴, 将干系车辆的坐标投影到二维坐标系中, 得到干系车辆的变换后的坐标 $A_i(A_{ix}, A_{iy})$ 。

$$\begin{cases} A_{ix} = l_{i0} \cos L'_i \\ A_{iy} = l_{i0} \sin L'_i \end{cases}$$

进一步地, 所述步骤 S4 使用基于步骤 S3 所建立的二维坐标系, 构建车辆换道风险

评估模型 RI , $RI = (R_l, R_r)$, R_l , R_r 分别表示向左和向右变道的风险指标, $R_l, R_r = \text{Max}(RI_x, RI_y)$, 其中, RI_x 为横向 (变换车道过程中 X 轴方向的车辆间距) 换道风险, RI_y 为纵向 (变换车道过程中 Y 轴方向的车辆间距) 换道风险。具体模型建立步骤为:

B1: 根据车辆瞬时行驶参数, 计算 ΔT 时间后的车辆的坐标点位, ΔT 为期望换道所用时间, 由于 ΔT 时间较短, 使用匀加速运动公式 $s = vt + \frac{1}{2}at^2$, 计算得到运动后的坐标为 $A'_i(A'_{ix}, A'_{iy})$ 。

$$\begin{cases} A'_{ix} = A_{ix} + \left(v_i \Delta T + \frac{1}{2}a_i \Delta T^2\right) \cos \theta_i \\ A'_{iy} = A_{iy} + \left(v_i \Delta T + \frac{1}{2}a_i \Delta T^2\right) \sin \theta_i \end{cases}$$

B2: 分别结算车辆 i 与换道车辆之间横向距离 $|A'_{0x} - A'_{ix}| = \left|(v_0 \Delta T + \frac{1}{2}a_0 \Delta T^2) \cos \theta_0 - A_{ix} - \left(v_i \Delta T + \frac{1}{2}a_i \Delta T^2\right) \cos \theta_i\right|$ 。

B3: 建立 RI_x 横向换道风险模型, 表达式为:

$$RI_x = \begin{cases} 1 - \prod_{i=0}^N \left(1 - \frac{S_x}{|A'_{0x} - A'_{ix}|}\right), & |A'_{0x} - A'_{ix}| > S_x \\ 1, & |A'_{0x} - A'_{ix}| \leq S_x \end{cases}$$

其中, A'_{0x} 为换道车辆经 ΔT 时间后得到的 X 轴坐标, A'_{ix} 为干系车辆 i 的 X 轴坐标, $|A'_{0x} - A'_{ix}|$ 为两车之间横向距离, S_x 为期望的最小横向换道距离。

B4: 同理, 建立 RI_y 纵向换道风险模型, 表达式为:

$$RI_y = \begin{cases} 1 - \prod_{i=0}^N \left(1 - \frac{S_y}{|A'_{0y} - A'_{iy}|}\right), & |A'_{0y} - A'_{iy}| > S_y \\ 1, & |A'_{0y} - A'_{iy}| \leq S_y \end{cases}$$

其中, A'_{0y} 为换道车辆经 ΔT 时间后得到的 Y 轴坐标, A'_{iy} 为干系车辆 i 的 Y 轴坐标, $|A'_{0y} - A'_{iy}|$ 为两车之间纵向距离, S_y 为期望的最小纵向换道距离。

当换道车辆向左变道时, $R_l = \text{Max}(RI_x, RI_y)$, 当 $R_l \geq RI_0$ 时, RI_0 为临界风险值, 换道发生的碰撞将百分百发生, 当 $R_l < RI_0$ 时, 可以变道, 变道产生的碰撞概率较低。

S_x 和 S_y 均为预先设定值, 即安全换道距离。

B5: 通过步骤 S1 解析的车辆编组数据, 对于系车辆进行车道分组, 按照建立的风

险分析模型分别计算向左和向右变道的风险指数。

进一步地，所述步骤 S5 中将解析到的干系车辆行驶参数，输入至步骤 S4 建立的风险评估模型之中，并进行计算仿真，得出车辆在各种复杂条件下变换车道带来的风险，进一步得出最关键的影响因素。

本发明为了量化车辆在换道过程中存在的风险等级，引入了换道风险指数 RI ，并构建了一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法。该方法通过与车路协同平台联动，获取并解析车路协同平台车辆编组信息，对车辆地理坐标进行矫正计算，并将地理坐标映射到二维坐标系中，完成坐标系转换。同时建立风险评估模型，将编组车辆信息作为输入参数，进行仿真实验，得出对换道风险影响较大的因素，进而保证车辆在行驶过程中的安全性。

有益效果：本发明与现有技术相比，结合车路协同平台精准数据的同时，利用坐标变换，建立统一二维坐标系，构建了风险评估模型进行仿真，仿真的对象不仅仅是换道车辆与前后车，而是整个编组内的车辆，结果更加准确和可靠，能够判断左右车道，以及纵向和横向的变道风险，适用于各种道路环境，保障车辆换道安全，提高换道效率。

附图说明

图 1 为本发明的方法流程图；

图 2 为本发明车路协同平台车辆编组数据接收过程图；

图 3 为本发明车辆编组信息示意图；

图 4 为本发明车辆变道过程示意图；

图 5 为本发明车辆变道结束示意图；

图 6 为本发明车辆坐标映射关系图。

具体实施方式

下面结合附图和具体实施例，进一步阐明本发明，应理解这些实施例仅用于说明本发明而并不用于限制本发明的范围，在阅读了本发明之后，本领域技术人员对本发明的各种等价形式的修改均落于本申请所附权利要求所限定的范围。

本发明提供一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法，如图 1 所示，包括如下步骤：

S1：换道车辆接收并解析车路协同车辆编组信息，获取干系车辆行驶数据；

S2：确定以换道车辆为中心点的二维坐标系；

S3：分别将步骤 S1 中解析到的干系车辆地理坐标转为空间坐标系，并映射到步骤 S2 的二维坐标系中，完成干系车辆地理坐标系到二维坐标系的变换；

S4：基于步骤 S3 所建立的二维坐标系，构建车辆换道风险评估模型；

S5: 将步骤 S1 所解析到的干系车辆行驶参数, 输入至步骤 S4 建立的风险评估模型之中, 并进行计算仿真;

S6: 改变任意一个车辆的行驶数据并保持其他参数不变的情况下, 进一步进行计算仿真, 分析单个参数对换道风险的影响;

S7: 对比计算仿真结果, 得出对换道风险影响最大的因素。

如图 2 所示, 步骤 S1 中车辆编组信息是一组车辆的实时行驶数据集, 使用 D 表示, 车辆信息使用 C 表示, 则 $D = [C_1, C_2, C_3, \dots, C_n]$ 。

车辆信息 $C_i = \{p_i, v_i, a_i, r_i, \Delta p_b, \theta_i\}$, 其中, $p_i = (L_i, B_i, H_i)$ 为车辆 i 的实时地理坐标信息 (L_i 为经度, B_i 为纬度, H_i 为高程), v_i 为车辆 i 的行驶速度, a_i 为车辆 i 的行驶加速度, r_i 为车辆 i 的所在车道, $\Delta p_b = (\Delta L_b, \Delta B_b, \Delta H_b)$ 为定位基准站的位置矫正信息, θ_i 为车辆 i 的转向角度。

步骤 S2 建立以换道车辆 P_0 为中心点的二维坐标系, 以正北为 Y 轴正方向, 正东为 X 轴正方向, 与地球空间坐标系方向保持一致, 便于后续对地理坐标系进行平移转换。

步骤 S3 中将步骤 S1 中解析到的车辆地理坐标点信息, 利用定位基准站进行定位误差消减, 进而转换成二维坐标系, 完成车辆点位向二维坐标系的映射。具体的变换过程为:

A1: 根据定位基准站标准经纬度误差, 对车辆经纬度进行统一矫正处理, 降低误差干扰, 得到实际坐标 $p'_i(L'_i, B'_i, H'_i)$ 。

$$\begin{cases} L'_i = L_i - \Delta L_b \\ B'_i = B_i - \Delta B_b \\ H'_i = H_i - \Delta H_b \end{cases}$$

由于在同一时刻, 换道车辆与编组车辆的相对距离较近, 其所处路段的高程信息变化不大, 因此, 在后续的坐标变换过程中, 忽略了高程信息对换道风险的影响, 只使用 L'_i, B'_i , 进行计算。

A2: 根据矫正后的车辆定位经纬度信息 p'_i , 分别计算编组内车辆距离换道车辆 $p'_0(L'_0, B'_0, H'_0)$ 之间的距离 l_{i0} 。

$$l_{i0} = 2 * R * \sin^{-1} \left(\sqrt{(\sin \frac{PI(B'_i - B'_0)}{360})^2 + \cos \frac{PI * B'_i}{180} \cos \frac{PI * B'_0}{180} + (\sin \frac{PI(L'_i - L'_0)}{360})^2} \right)$$

其中, l_{i0} 为车辆 i 距离换道车辆的距离, R 为地球半径, PI 为圆周率。

A3: 将地球中心点坐标平移到换道车辆中心, 保持 X 和 Y 轴方向不变, 忽略 Z 轴, 将干系车辆的坐标投影到二维坐标系中, 得到干系车辆的变换后的坐标 $A_i(A_{ix}, A_{iy})$ 。

$$\begin{cases} A_{ix} = l_{i0} \cos L_i' \\ A_{iy} = l_{i0} \sin L_i' \end{cases}$$

步骤 S4 使用基于步骤 S3 所建立的二维坐标系, 构建车辆换道风险评估模型 RI , $RI = (R_l, R_r)$, R_l, R_r 分别表示向左和向右变道的风险指标, $R_l, R_r = \text{Max}(RI_x, RI_y)$, 其中, RI_x 为横向 (变换车道过程中 X 轴方向的车辆间距) 换道风险, RI_y 为纵向 (变换车道过程中 Y 轴方向的车辆间距) 换道风险。具体模型建立步骤为:

B1: 根据车辆瞬时行驶参数, 计算 ΔT 时间后的车辆的坐标点位, ΔT 为期望换道所用时间, 由于 ΔT 时间较短, 使用匀加速运动公式 $s = vt + \frac{1}{2}at^2$, 计算得到运动后的坐标为 $A_i'(A_{ix}', A_{iy}')$ 。

$$\begin{cases} A_{ix}' = A_{ix} + \left(v_i \Delta T + \frac{1}{2} a_i \Delta T^2 \right) \cos \theta_i \\ A_{iy}' = A_{iy} + \left(v_i \Delta T + \frac{1}{2} a_i \Delta T^2 \right) \sin \theta_i \end{cases}$$

B2: 分别结算车辆 i 与换道车辆之间横向距离 $|A_{0x}' - A_{ix}'| = \left| \left(v_0 \Delta T + \frac{1}{2} a_0 \Delta T^2 \right) \cos \theta_0 - A_{ix} - \left(v_i \Delta T + \frac{1}{2} a_i \Delta T^2 \right) \cos \theta_i \right|$ 。

B3: 建立 RI_x 横向换道风险模型, 表达式为:

$$RI_x = \begin{cases} 1 - \prod_{i=0}^N \left(1 - \frac{S_x}{|A_{0x}' - A_{ix}'|} \right), & |A_{0x}' - A_{ix}'| > S_x \\ 1, & |A_{0x}' - A_{ix}'| \leq S_x \end{cases}$$

其中, A_{0x}' 为换道车辆经 ΔT 时间后得到的 X 轴坐标, A_{ix}' 为干系车辆 i 的 X 轴坐标, $|A_{0x}' - A_{ix}'|$ 为两车之间横向距离, S_x 为期望的最小横向换道距离。

B4: 同理, 建立 RI_y 纵向换道风险模型, 表达式为:

$$RI_y = \begin{cases} 1 - \prod_{i=0}^N \left(1 - \frac{S_y}{|A_{0y}' - A_{iy}'|} \right), & |A_{0y}' - A_{iy}'| > S_y \\ 1, & |A_{0y}' - A_{iy}'| \leq S_y \end{cases}$$

其中, A_{0y}' 为换道车辆经 ΔT 时间后得到的 Y 轴坐标, A_{iy}' 为干系车辆 i 的 Y 轴坐标, $|A_{0y}' - A_{iy}'|$ 为两车之间纵向距离, S_y 为期望的最小纵向换道距离。

当换道车辆向左变道时, $R_l = \text{Max}(RI_x, RI_y)$, 当 $R_l \geq RI_0$ 时, RI_0 为临界风险值,

换道发生的碰撞将百分百发生，当 $R_l < RI_0$ 时，可以变道，变道产生的碰撞概率较低。

B5：通过步骤 S1 解析的车辆编组数据，对于系车辆进行车道分组，按照建立的风险分析模型分别计算向左和向右变道的风险指数。

步骤 S5 中将解析到的干系车辆行驶参数，输入至步骤 S4 建立的风险评估模型之中，并进行计算仿真，得出车辆在各种复杂条件下变换车道带来的风险，进一步得出最关键的影响因素。

本实施例还提供一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估系统，该系统包括网络接口、存储器和处理器；其中，网络接口，用于在与其他外部网元之间进行收发信息过程中，实现信号的接收和发送；存储器，用于存储能够在所述处理器上运行的计算机程序指令；处理器，用于在运行计算机程序指令时，执行上述共识方法的步骤。

本实施例还提供一种计算机存储介质，该计算机存储介质存储有计算机程序，在处理器执行所述计算机程序时可实现以上所描述的方法。所述计算机可读介质可以被认为是无形的且非暂时性的。非暂时性有形计算机可读介质的非限制性示例包括非易失性存储器电路(例如闪存电路、可擦除可编程只读存储器电路或掩膜只读存储器电路)、易失性存储器电路(例如静态随机存取存储器电路或动态随机存取存储器电路)、磁存储介质(例如模拟或数字磁带或硬盘驱动器)和光存储介质(例如 CD、DVD 或蓝光光盘)等。计算机程序包括存储在至少一个非暂时性有形计算机可读介质上的处理器可执行指令。计算机程序还可以包括或依赖于存储的数据。计算机程序可以包括与专用计算机的硬件交互的基本输入/输出系统(BIOS)、与专用计算机的特定设备交互的设备驱动程序、一个或多个操作系统、用户应用程序、后台服务、后台应用程序等。

基于上述内容，为了验证本发明方法的有效性，本实施例中将本发明方法进行实例应用，具体如下：

如图 3 所示，本实施例中车辆编组信息包括车辆 C0~C3，具体位置如图所示；具体的实施过程为：

- 1) 换道车辆 C0 接收并解析车路协同车辆编组信息，获取干系车辆(C1~C3)行驶数据；
- 2) 确定以换道车辆 C0 为中心点的二维坐标系；
- 3) 参照图 6，分别将步骤 1 中解析到的干系车辆地理坐标转为空间坐标系，并映射到步骤 2 的二维坐标系中，完成干系车辆地理坐标系到二维坐标系的变换；
- 4) 基于步骤 3 所建立的二维坐标系，构建车辆换道风险评估模型；
- 5) 将步骤 1 所解析到的干系车辆行驶参数，输入至步骤 4 建立的风险评估模型之中，并进行计算仿真；

6) 改变任意一个车辆的行驶数据并保持其他参数不变的情况下, 进一步进行计算仿真, 分析单个参数对换道风险的影响;

7) 对比计算仿真结果, 得出对换道风险影响最大的因素。

换道车辆 C0 根据获取的换道风险影响因素, 执行换道, 如图 4 和图 5 所示。

换道风险影响因素包括编组内车辆的行驶速度、加速度、转向角度, 以及车辆之间的相对距离。在其他车辆运动状态不变情况下, 换道车辆速度越快、转向角度越小, 加速度越快, 风险越大。

权利要求书

1、一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法，其特征在于，包括如下步骤：

S1：换道车辆接收并解析车路协同车辆编组信息，获取干系车辆行驶数据；

S2：确定以换道车辆为中心点的二维坐标系；

S3：分别将步骤 S1 中解析到的干系车辆地理坐标转为空间坐标系，并映射到步骤 S2 的二维坐标系中，完成干系车辆地理坐标系到二维坐标系的变换；

S4：基于步骤 S3 所建立的二维坐标系，构建车辆换道风险评估模型；

S5：将步骤 S1 所解析到的干系车辆行驶参数，输入至步骤 S4 建立的风险评估模型之中，并进行计算仿真；

S6：改变任意一个车辆的行驶数据并保持其他参数不变的情况下，进一步进行计算仿真，分析单个参数对换道风险的影响；

S7：对比计算仿真结果，得出对换道风险影响最大的因素。

2、根据权利要求 1 所述的一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法，其特征在于，所述步骤 S1 中车辆编组信息是一组车辆的实时行驶数据集，使用 D 表示，车辆信息使用 C 表示，则 $D = [C_1, C_2, C_3, \dots, C_n]$ ；

车辆信息 $C_i = \{p_i, v_i, a_i, r_i, \Delta p_b, \theta_i\}$ ，其中， $p_i = (L_i, B_i, H_i)$ 为车辆 i 的实时地理坐标信息，其中， L_i 为经度， B_i 为纬度， H_i 为高程， v_i 为车辆 i 的行驶速度， a_i 为车辆 i 的行驶加速度， r_i 为车辆 i 的所在车道， $\Delta p_b = (\Delta L_b, \Delta B_b, \Delta H_b)$ 为定位基准站的位置矫正信息， θ_i 为车辆 i 的转向角度。

3、根据权利要求 1 所述的一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法，其特征在于，所述步骤 S2 建立以换道车辆 P_0 为中心点的二维坐标系，以正北为 Y 轴正方向，正东为 X 轴正方向，与地球空间坐标系方向保持一致。

4、根据权利要求 2 所述的一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法，其特征在于，所述步骤 S3 中将步骤 S1 中解析到的车辆地理坐标点信息，利用定位基准站进行定位误差消减，进而转换成二维坐标系，完成车辆点位向二维坐标系的映射；

具体的变换过程为：

A1：根据定位基准站标准经纬度误差，对车辆经纬度进行统一矫正处理，得到实际坐标 $p'_i(L'_i, B'_i, H'_i)$ ；

$$\begin{cases} L'_i = L_i - \Delta L_b \\ B'_i = B_i - \Delta B_b \\ H'_i = H_i - \Delta H_b \end{cases}$$

在后续的坐标变换过程中，忽略了高程信息对换道风险的影响，只使用 L'_i ， B'_i ，进行计算；

A2: 根据矫正后的车辆定位经纬度信息 p_i' , 分别计算编组内车辆距离换道车辆 $p_0'(L_0', B_0', H_0')$ 之间的距离 l_{i0}

$$l_{i0} = 2 * R * \sin^{-1} \left(\sqrt{(\sin \frac{PI(B_i' - B_0')}{360})^2 + \cos \frac{PI * B_i'}{180} \cos \frac{PI * B_0'}{180} + (\sin \frac{PI(L_i' - L_0')}{360})^2} \right)$$

其中, l_{i0} 为车辆 i 距离换道车辆的距离, R 为地球半径, PI 为圆周率;

A3: 将地球中心点坐标平移到换道车辆中心, 保持 X 和 Y 轴方向不变, 忽略 Z 轴, 将干系车辆的坐标投影到二维坐标系中, 得到干系车辆的变换后的坐标 $A_i(A_{ix}, A_{iy})$

$$\begin{cases} A_{ix} = l_{i0} \cos L_i' \\ A_{iy} = l_{i0} \sin L_i' \end{cases}$$

5、根据权利要求 4 所述的一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法, 其特征在于, 所述步骤 S4 使用基于步骤 S3 所建立的二维坐标系, 构建车辆换道风险评估模型 RI , $RI = (R_l, R_r)$, R_l, R_r 分别表示向左和向右变道的风险指标, $R_l, R_r = \max(RI_x, RI_y)$, 其中, RI_x 为横向(变换车道过程中 X 轴方向的车辆间距)换道风险, RI_y 为纵向(变换车道过程中 Y 轴方向的车辆间距)换道风险。

6、根据权利要求 5 所述的一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法, 其特征在于, 所述步骤 S4 根据车辆瞬时行驶参数, 计算 ΔT 时间后的车辆的坐标点位, ΔT 为期望换道所用时间, 由于 ΔT 时间较短, 使用匀加速运动公式 $s = vt + \frac{1}{2}at^2$, 计算得到运动后的坐标为 $A_i'(A_{ix}', A_{iy}')$ 。

$$\begin{cases} A_{ix}' = A_{ix} + \left(v_i \Delta T + \frac{1}{2} a_i \Delta T^2 \right) \cos \theta_i \\ A_{iy}' = A_{iy} + \left(v_i \Delta T + \frac{1}{2} a_i \Delta T^2 \right) \sin \theta_i \end{cases}$$

7、根据权利要求 6 所述的一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法, 其特征在于, 所述步骤 S4 建立 RI_x 横向换道风险模型, 表达式为:

$$RI_x = \begin{cases} 1 - \prod_{i=0}^N \left(1 - \frac{S_x}{|A_{0x}' - A_{ix}'|} \right), & |A_{0x}' - A_{ix}'| > S_x \\ 1, & |A_{0x}' - A_{ix}'| \leq S_x \end{cases}$$

其中, A_{0x}' 为换道车辆经 ΔT 时间后得到的 X 轴坐标, A_{ix}' 为干系车辆 i 的 X 轴坐标, $|A_{0x}' - A_{ix}'|$ 为两车之间横向距离, S_x 为期望的最小横向换道距离。

8、根据权利要求 7 所述的一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法，其特征在于，所述步骤 S4 分别结算车辆 i 与换道车辆之间横向距离 $|A'_{0x} - A'_{ix}| = |(v_0\Delta T + \frac{1}{2}a_0\Delta T^2)\cos\theta_0 - A_{ix} - (v_i\Delta T + \frac{1}{2}a_i\Delta T^2)\cos\theta_i|$ 。

9、根据权利要求 6 所述的一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法，其特征在于，所述步骤 S4 建立 RI_y 纵向换道风险模型，表达式为：

$$RI_y = \begin{cases} 1 - \prod_{i=0}^N \left(1 - \frac{S_y}{|A'_{0y} - A'_{iy}|} \right), & |A'_{0y} - A'_{iy}| > S_y \\ 1, & |A'_{0y} - A'_{iy}| \leq S_y \end{cases}$$

其中， A'_{0y} 为换道车辆经 ΔT 时间后得到的 Y 轴坐标， A'_{iy} 为干系车辆 i 的 Y 轴坐标， $|A'_{0y} - A'_{iy}|$ 为两车之间纵向距离， S_y 为期望的最小纵向换道距离。

10、根据权利要求 7~9 中任一项所述的一种基于坐标变换的车路协同换道风险评估方法，其特征在于，所述步骤 S4 通过步骤 S1 解析的车辆编组数据，对于系车辆进行车道分组，按照建立的风险分析模型分别计算向左和向右变道的风险指数，当换道车辆向左变道时， $R_l = \text{Max}(RI_x, RI_y)$ ，当 $R_l \geq RI_0$ 时， RI_0 为临界风险值，换道发生的碰撞将百分百发生，当 $R_l < RI_0$ 时，可以变道，变道产生的碰撞概率较低。

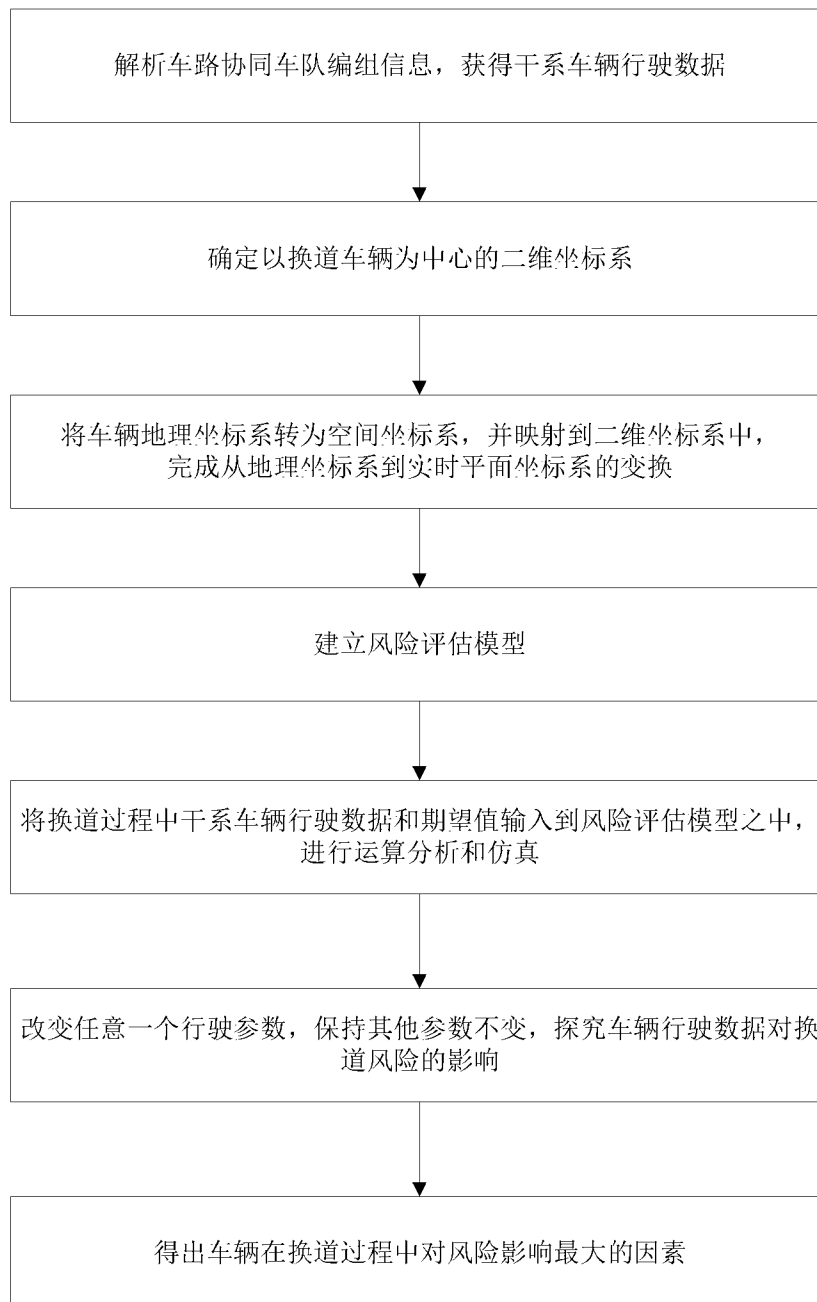
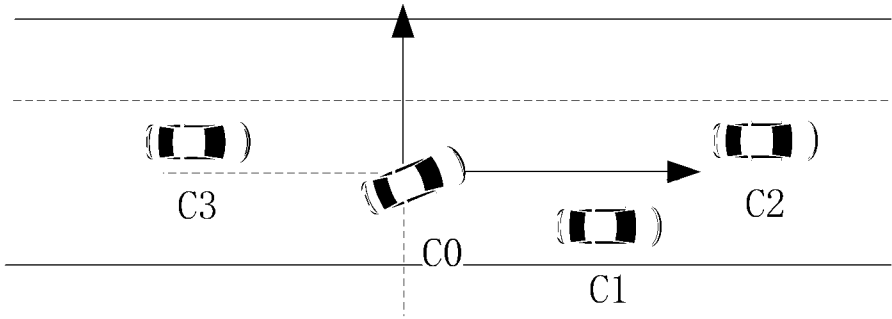
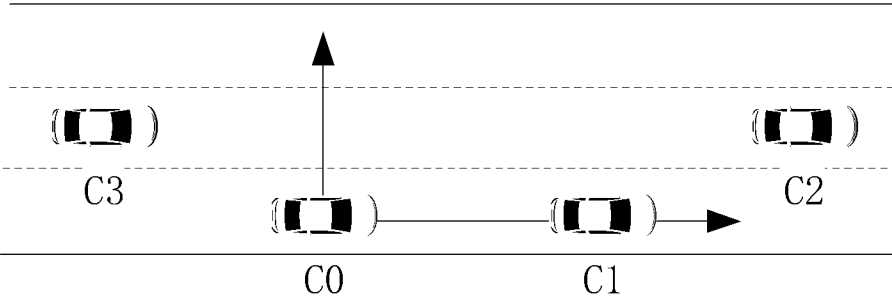
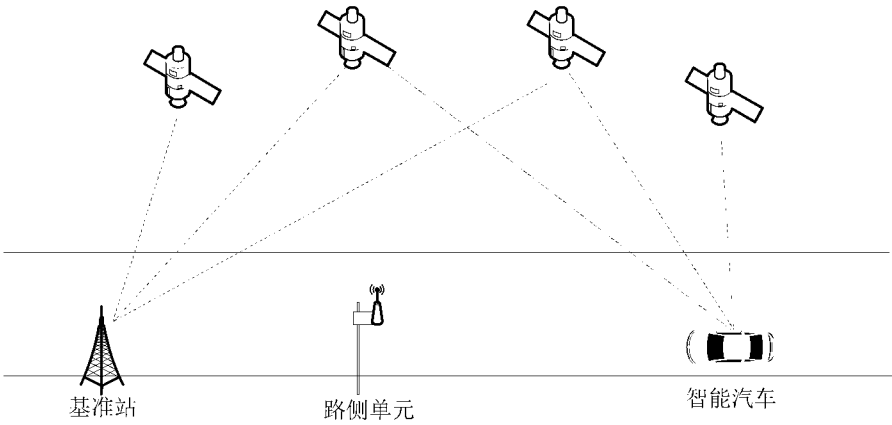


图 1



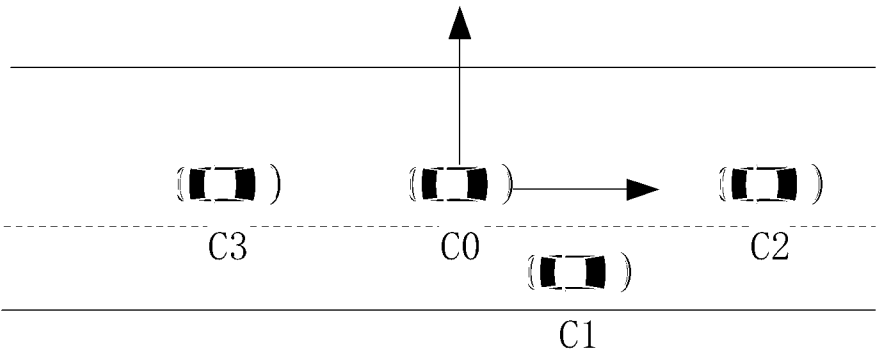


图 5

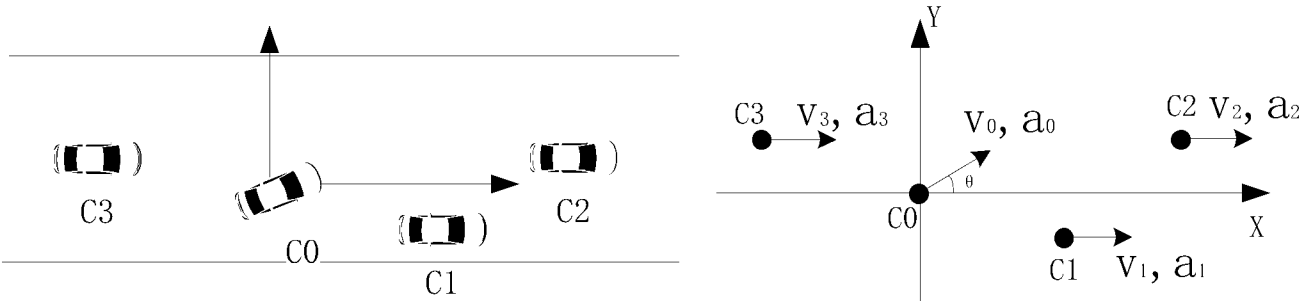


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/103767

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G08G1/16(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G08G1/-; B60W30/-; G06F30/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNXTX, ENTXTX, OETXT, VEN, WPABSC, CNKI, IEEE, 百度学术, BAIDU SCHOLAR: 南京航空航天大学, 南京熊猫电子股份有限公司; 吴红兰, 孙有朝, 张跃, 郭旭周; 变道, 变换, 参数, 车, 车路协同, 单个, 地理, 风险, 换道, 经度, 每个, 碰撞, 纬度, 因素, 影响, 原点, 中心点, 转换, 最大, 坐标, 坐标系; car, factor, impact, influence, lane, risk, road, vehicle, lane, change, coordinator, transform, maximum, greatest, vehicle road cooperative

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 117334082 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS et al.) 02 January 2024 (2024-01-02) claims 1-10	1-10
A	CN 110085056 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 02 August 2019 (2019-08-02) description, paragraphs 88, 96-97, 103, and 115, and figures 2-4	1-10
A	US 2010228419 A1 (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS, INC.) 09 September 2010 (2010-09-09) entire document	1-10
A	CN 113602265 A (DONGFENG MOTOR GROUP CO., LTD.) 05 November 2021 (2021-11-05) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
“D” document cited by the applicant in the international application
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 August 2024

Date of mailing of the international search report

16 August 2024

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/103767

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 115009274 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 06 September 2022 (2022-09-06) entire document	1-10
A	CN 113844444 A (HANGZHOU HOPECHART IOT TECHNOLOGY CO., LTD.) 28 December 2021 (2021-12-28) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2024/103767

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	117334082	A	02 January 2024	None			
CN	110085056	A	02 August 2019	CN	110085056	B	08 June 2021
US	2010228419	A1	09 September 2010	US	8244408	B2	14 August 2012
CN	113602265	A	05 November 2021	None			
CN	115009274	A	06 September 2022	None			
CN	113844444	A	28 December 2021	None			

A. 主题的分类

G08G1/16(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G08G1/-; B60W30/-; G06F30/-

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNTEXT,ENTXTC,OETXT,VEN,WPABSC,CNKI,IEEE,百度学术:南京航空航天大学,南京熊猫电子股份有限公司; 吴红兰,孙有朝,张跃,郭旭周; 变道,变换,参数,车,车路协同,单个,地理,风险,换道,经度,每个,碰撞,纬度,因素,影响,原点,中心点,转换,最大,坐标,坐标系; car,factor,impact,influence,lane,risk,road,vehicle,lane,change,coordinator,transform,maximum,greatest,vehicle road cooperative

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 117334082 A (南京航空航天大学等) 2024年1月2日 (2024 - 01 - 02) 权利要求1-10	1-10
A	CN 110085056 A (华南理工大学) 2019年8月2日 (2019 - 08 - 02) 说明书第88、96-97、103、115段, 附图2-4	1-10
A	US 2010228419 A1 (GM. GLOBAL TECH. OPERATIONS INC.) 2010年9月9日 (2010 - 09 - 09) 全文	1-10
A	CN 113602265 A (东风汽车集团股份有限公司) 2021年11月5日 (2021 - 11 - 05) 全文	1-10
A	CN 115009274 A (北京理工大学) 2022年9月6日 (2022 - 09 - 06) 全文	1-10
A	CN 113844444 A (杭州鸿泉物联网技术股份有限公司) 2021年12月28日 (2021 - 12 - 28) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

★ 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2024年8月14日

国际检索报告邮寄日期

2024年8月16日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

吕玉婷

电话号码 (+86) 028-62967948

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/103767

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	117334082	A	2024年1月2日	无	
CN	110085056	A	2019年8月2日	CN	110085056 B 2021年6月8日
US	2010228419	A1	2010年9月9日	US	8244408 B2 2012年8月14日
CN	113602265	A	2021年11月5日	无	
CN	115009274	A	2022年9月6日	无	
CN	113844444	A	2021年12月28日	无	