



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114677449 A

(43) 申请公布日 2022. 06. 28

(21) 申请号 202210327317.0

(22) 申请日 2022.03.30

(71) 申请人 秦弛道(上海)科技有限公司

地址 201805 上海市嘉定区安亭镇墨玉南路888号2201室J

(72) 发明人 邢舟

(74) 专利代理机构 上海骁象知识产权代理有限公司 31315

专利代理师 赵峰

(51) Int. Cl.

G06T 7/80 (2017.01)

G06T 17/05 (2011.01)

G06T 7/70 (2017.01)

G06F 17/16 (2006.01)

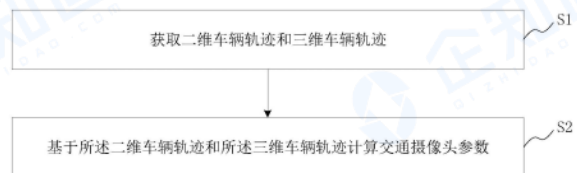
权利要求书3页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

交通摄像头参数获取方法、系统、介质及电子设备

(57) 摘要

本发明提供一种交通摄像头参数获取方法、系统、介质及电子设备;所述方法包括以下步骤:获取二维车辆轨迹和三维车辆轨迹;基于所述二维车辆轨迹和所述三维车辆轨迹计算交通摄像头参数;本发明涉及基于摄像头检测到的二维车辆轨迹与高精度的RTK GPS设备测得的三维地理空间“探头”车辆轨迹,通过优化算法为高精度交通摄像头求解参数;本发明以优化目标作为需要求解和优化的参数函数,通过计算相应的数学函数关系式来构建自动化摄像头参数求解器。



1. 一种交通摄像头参数获取方法,其特征在于,包括以下步骤:

获取二维车辆轨迹和三维车辆轨迹;

基于所述二维车辆轨迹和所述三维车辆轨迹计算交通摄像头参数。

2. 根据权利要求1所述的交通摄像头参数获取方法,其特征在于,所述二维车辆轨迹为图像数据;所述三维车辆轨迹为GPS轨迹数据。

3. 根据权利要求2所述的交通摄像头参数获取方法,其特征在于,所述交通摄像头参数包括:传感器朝向在水平地面上的投影的方位角 φ 、传感器朝向与水平面之间的极角 θ 、传感器质心的地理空间纬度坐标 r_l 、传感器质心的地理空间经度坐标 r_p 及传感器质心距地面的海拔或高度 r_a ;所述基于所述二维车辆轨迹和所述三维车辆轨迹计算交通摄像头参数的计算公式为:

$$L_{total} = \sum_i L_{local}^i;$$

$$L_{local}^i = (x_t^i - x_{closest}^i)^2 + (y_t^i - y_{closest}^i)^2 + (z_t^i - z_{closest}^i)^2;$$

$$x_{closest}^i = -\frac{c_0^j c_1^j - c_1^j y_t^i - x_t^i}{1 + c_1^j};$$

$$y_{closest}^i = c_0^j + c_1^j x_{closest}^i;$$

$$z_{closest}^i \equiv 0;$$

$$x_t^i = r_{00} x_g^i + r_{01} y_g^i + r_{02} z_g^i;$$

$$y_t^i = r_{10} x_g^i + r_{11} y_g^i + r_{12} z_g^i;$$

$$z_t^i = r_{20} x_g^i + r_{21} y_g^i + r_{22} z_g^i;$$

$$x_g^i = x_l^i - x_0^i;$$

$$y_g^i = y_l^i - y_0^i;$$

$$z_g^i = z_l^i - z_0^i;$$

$$x_l^i = \frac{(u^i - 0.5) \cdot w}{f};$$

$$y_l^i = \frac{(0.5 - v^i) \cdot h}{f};$$

$$z_l^i = -d^i;$$

$$x_0^i = -(r_{00} r_p + r_{10} r_a + r_{20} r_r);$$

$$y_0^i = -(r_{01} r_p + r_{11} r_a + r_{21} r_r);$$

$$z_0^i = -(r_{02} r_p + r_{12} r_a + r_{22} r_r);$$

$$\frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{\partial \varphi} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, d^i, c_0^j, c_1^j)}{\partial \varphi};$$

$$\frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{\partial \theta} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, d^i, c_0^j, c_1^j)}{\partial \theta};$$

$$\frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{r_l} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, d^i, c_0^j, c_1^j)}{r_l};$$

$$\frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{r_p} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, d^i, c_0^j, c_1^j)}{r_p};$$

$$\frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{r_a} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, d^i, c_0^j, c_1^j)}{r_a};$$

$$R_{3 \times 3} = \begin{pmatrix} r_{00} & r_{01} & r_{02} \\ r_{10} & r_{11} & r_{12} \\ r_{20} & r_{21} & r_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_x & r_y & r_z \\ u_x & u_y & u_z \\ -h_x & -h_y & -h_z \end{pmatrix};$$

$$\vec{h} = (\cos(\theta) \times \sin(\varphi), \sin(\theta), \cos(\theta) \times \cos(\varphi));$$

$$\vec{r} = (0, 0, -1) \times \vec{h};$$

$$\vec{u} = -\vec{h} \times \vec{r};$$

$$T_{3 \times 1} = \begin{pmatrix} t_0 \\ t_1 \\ t_2 \end{pmatrix} = -R_{3 \times 3} \times \begin{pmatrix} k_x \times r_p + x_0 \\ r_a \\ k_z \times r_l + z_0 \end{pmatrix};$$

$$G_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} g_{00} & 0 & 0 & g_{03} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & g_{22} & g_{23} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix};$$

$$\vec{r}_{geospatial} = f(\vec{r}_{image});$$

$$r_{4 \times 1}^g = A_{4 \times 4} \times \begin{pmatrix} u \times d \\ v \times d \\ 1 \end{pmatrix}_{4 \times 1} - B_{4 \times 1};$$

$$r_l = r_2^g;$$

$$r_p = r_0^g;$$

$$r_a = r_1^g;$$

$$A_{4 \times 4} = G_{4 \times 4} \times \begin{bmatrix} A_{3 \times 3} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix}_{4 \times 4};$$

$$B_{4 \times 1} = G_{4 \times 4} \times \begin{pmatrix} B_{3 \times 1} \\ 0 \end{pmatrix}_{4 \times 1};$$

$$A_{3 \times 3} = R^T \times K^{-1};$$

$$B_{3 \times 1} = R^T \times T_{3 \times 1};$$

其中, L_{total} 表示总损失; L_{local}^i 表示局部损失, 所述局部损失是基于所述图像数据上选择的参照点和所述GPS轨迹数据计算所得; i 表示各所述参照点; x_t^i , y_t^i , z_t^i 表示所述参照点 i 在 t 时刻的变换三维空间位置的笛卡尔坐标; $x_{closest}^i$, $y_{closest}^i$, $z_{closest}^i$ 表示所述参照点 i 的变换位置与指数为 j 的所选线段之间的最短距离点的坐标; r_{mn} 表示传感器旋转矩阵的矩阵元素; $R_{3 \times 3}$ 表示所述旋转矩阵; 下标“g”表示global全局坐标系下的坐标; 采用平移矢量

后, x_g^i , y_g^i , z_g^i 表示全局参考坐标系中的坐标;下标“1”表示局部传感器在参考坐标系中的坐标; x_l^i , y_l^i , z_l^i 表示所述参照点i的局部坐标;u和v分别表示分数形式的像素坐标;d表示像素深度;w和h分别表示传感器尺寸参数宽度和高度;f表示焦距; x_0^i , y_0^i , z_0^i 表示平移分量;K和 K^{-1} 矩阵分别表示交通摄像头或传感器的固有投影矩阵及相应的逆矩阵;G矩阵表示地理坐标转换矩阵;p表示经度坐标;a表示高度坐标;A和B表示中间变量矩阵的符号。

4. 根据权利要求1所述的交通摄像头参数获取方法,其特征在于,所述交通摄像头参数至少包括以下任意一种:内部参数、外部参数及地理空间相关参数;其中,所述内部参数至少包括:焦距;所述外部参数至少包括:在地理空间中的三维位置;所述地理空间相关参数至少包括:姿态角。

5. 一种交通摄像头参数获取系统,其特征在于,包括:获取模块和计算模块;

所述获取模块用于获取二维车辆轨迹和三维车辆轨迹;

所述计算模块用于基于所述二维车辆轨迹和所述三维车辆轨迹计算交通摄像头参数。

6. 一种存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,该计算机程序被处理器执行时实现权利要求1至4中任一项所述的交通摄像头参数获取方法。

7. 一种电子设备,其特征在于,包括:处理器及存储器;

所述存储器用于存储计算机程序;

所述处理器用于执行所述存储器存储的计算机程序,以使所述电子设备执行权利要求1至4中任一项所述的交通摄像头参数获取方法。

8. 一种交通摄像头参数获取系统,其特征在于,包括:交通摄像头、RTK设备及权利要求7中所述的电子设备;

所述交通摄像头用于采集二维车辆轨迹,及用于将所述二维车辆轨迹发送至所述电子设备;

所述RTK设备用于采集三维车辆轨迹,及用于将所述三维车辆轨迹发送至所述电子设备。

交通摄像头参数获取方法、系统、介质及电子设备

技术领域

[0001] 本发明属于交通摄像头技术领域,特别是涉及一种交通摄像头参数获取方法、系统、介质及电子设备。

背景技术

[0002] 随着交通摄像头在多个智能交通系统(Intelligent Traffic System,简称ITS)应用程序中的广泛使用,能够准确求解摄像头参数的高度自动化、低成本系统的需求大涨。

[0003] 惯用的摄像头参数标定方法需要先卸载交通摄像头,然后将摄像头送到实验室中用“棋盘”标定设备测量摄像头参数,还需要人工测量各个安装位置的摄像头位置、姿态角等参数,交通摄像头的安装与卸载成本极高,卸载摄像头与将摄像头送到实验室进行“棋盘”标定会耗费大量的资源和时间,即使是已经安装好的摄像头,要得到摄像头内部参数的准确值,仍需大量人力来测量各个安装地点的摄像头的位置与姿态角,和大量时间去人工选择画面中的特殊点(每个摄像头图像数据的特殊点都不同),从而导致这种方法的使用成本极高,同时,摄像头的参数随着时间推移会发生变化,因此,人工定期测量摄像头的参数的方法无法规模化推广,而且难以定期(一年一次)监测与更新摄像头参数。

发明内容

[0004] 鉴于以上所述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种交通摄像头参数获取方法、系统、介质及电子设备,用于解决现有人工测量交通摄像头参数方法存在的耗费人力、资源、时间的问题。

[0005] 为实现上述目的及其他相关目的,本发明提供一种交通摄像头参数获取方法,包括以下步骤:获取二维车辆轨迹和三维车辆轨迹;基于所述二维车辆轨迹和所述三维车辆轨迹计算交通摄像头参数。

[0006] 于本发明的一实施例中,所述二维车辆轨迹为图像数据;所述三维车辆轨迹为GPS轨迹数据。

[0007] 于本发明的一实施例中,所述交通摄像头参数包括:传感器朝向在水平地面上的投影的方位角 φ 、传感器朝向与水平面之间的极角 θ 、传感器质心的地理空间纬度坐标 r_1 、传感器质心的地理空间经度坐标 r_p 及传感器质心距地面的海拔或高度 r_a ;所述基于所述二维车辆轨迹和所述三维车辆轨迹计算交通摄像头参数的计算公式为:

$$[0008] \quad L_{total} = \sum_i L_{local}^i;$$

$$[0009] \quad L_{local}^i = (x_t^i - x_{closest}^i)^2 + (y_t^i - y_{closest}^i)^2 + (z_t^i - z_{closest}^i)^2;$$

$$[0010] \quad x_{closest}^i = -\frac{c_0^j c_1^j - c_1^j y_t^i - x_t^i}{1 + c_1^j};$$

$$[0011] \quad y_{closest}^i = c_0^j + c_1^j x_{closest}^i;$$

$$[0012] \quad z_{closest}^i \equiv 0;$$

$$[0013] \quad x_t^i = r_{00}x_g^i + r_{01}y_g^i + r_{02}z_g^i;$$

$$[0014] \quad y_t^i = r_{10}x_g^i + r_{11}y_g^i + r_{12}z_g^i;$$

$$[0015] \quad z_t^i = r_{20}x_g^i + r_{21}y_g^i + r_{22}z_g^i;$$

$$[0016] \quad x_g^i = x_l^i - x_0^i;$$

$$[0017] \quad y_g^i = y_l^i - y_0^i;$$

$$[0018] \quad z_g^i = z_l^i - z_0^i;$$

$$[0019] \quad x_l^i = \frac{(u^i - 0.5) \cdot w}{f};$$

$$[0020] \quad y_l^i = \frac{(0.5 - v^i) \cdot h}{f};$$

$$[0021] \quad z_l^i = -d^i;$$

$$[0022] \quad x_0^i = -(r_{00}r_p + r_{10}r_a + r_{20}r_r);$$

$$[0023] \quad y_0^i = -(r_{01}r_p + r_{11}r_a + r_{21}r_r);$$

$$[0024] \quad z_0^i = -(r_{02}r_p + r_{12}r_a + r_{22}r_r);$$

$$[0025] \quad \frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{\varphi} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, d^i, c_0^j, c_1^j)}{\varphi};$$

$$[0026] \quad \frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{\theta} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, d^i, c_0^j, c_1^j)}{\theta};$$

$$[0027] \quad \frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{r_l} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, d^i, c_0^j, c_1^j)}{r_l};$$

$$[0028] \quad \frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{r_p} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, d^i, c_0^j, c_1^j)}{r_p};$$

$$[0029] \quad \frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{r_a} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, d^i, c_0^j, c_1^j)}{r_a};$$

$$[0030] \quad R_{3 \times 3} = \begin{pmatrix} r_{00} & r_{01} & r_{02} \\ r_{10} & r_{11} & r_{12} \\ r_{20} & r_{21} & r_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_x & r_y & r_z \\ u_x & u_y & u_z \\ -h_x & -h_y & -h_z \end{pmatrix};$$

$$[0031] \quad \vec{h} = (\cos(\theta) \times \sin(\varphi), \sin(\theta), \cos(\theta) \times \cos(\varphi));$$

$$[0032] \quad \vec{r} = (0, 0, -1) \times \vec{h};$$

$$[0033] \quad \vec{u} = -\vec{h} \times \vec{r};$$

$$[0034] \quad T_{3 \times 1} = \begin{Bmatrix} t_0 \\ t_1 \\ t_2 \end{Bmatrix} = -R_{3 \times 3} \times \begin{Bmatrix} k_x \times r_p + x_0 \\ r_a \\ k_z \times r_l + z_0 \end{Bmatrix};$$

$$[0035] \quad G_{4 \times 4} = \begin{Bmatrix} g_{00} & 0 & 0 & g_{03} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & g_{22} & g_{23} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix};$$

$$[0036] \quad \vec{r}_{geospatial} = f(\vec{r}_{image});$$

$$[0037] \quad r_{4 \times 1}^g = A_{4 \times 4} \times \begin{pmatrix} u \times d \\ v \times d \\ d \\ 1 \end{pmatrix}_{4 \times 1} - B_{4 \times 1};$$

$$[0038] \quad r_l = r_2^g;$$

$$[0039] \quad r_p = r_0^g;$$

$$[0040] \quad r_a = r_1^g;$$

$$[0041] \quad A_{4 \times 4} = G_{4 \times 4} \times \begin{bmatrix} A_{3 \times 3} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix}_{4 \times 4};$$

$$[0042] \quad B_{4 \times 1} = G_{4 \times 4} \times \begin{pmatrix} B_{3 \times 1} \\ 0 \end{pmatrix}_{4 \times 1};$$

$$[0043] \quad A_{3 \times 3} = R^T \times K^{-1};$$

$$[0044] \quad B_{3 \times 1} = R^T \times T_{3 \times 1};$$

[0045] 其中, L_{total} 表示总损失; L_{local}^i 表示局部损失, 所述局部损失是基于所述图像数据上选择的参照点和所述GPS轨迹数据计算所得; i 表示各所述参照点; x_t^i, y_t^i, z_t^i 表示所述参照点 i 在 t 时刻的变换三维空间位置的笛卡尔坐标; $x_{closest}^i, y_{closest}^i, z_{closest}^i$ 表示所述参照点 i 的变换位置与指数为 j 的所选线段之间的最短距离点的坐标; r_{mm} 表示传感器旋转矩阵的矩阵元素; $R_{3 \times 3}$ 表示所述旋转矩阵; 下标“g”表示global全局坐标系下的坐标; 采用平移矢量后, x_g^i, y_g^i, z_g^i 表示全局参考坐标系中的坐标; 下标“1”表示局部传感器在参考坐标系中的坐标; x_l^i, y_l^i, z_l^i 表示所述参照点 i 的局部坐标; u 和 v 分别表示分数形式的像素坐标; d 表示像素深度; w 和 h 分别表示传感器尺寸参数宽度和高度; f 表示焦距; x_0^i, y_0^i, z_0^i 表示平移分量; K 和 K^{-1} 矩阵分别表示交通摄像头或传感器的固有投影矩阵及相应的逆矩阵; G 矩阵表示地理坐标转换矩阵; p 表示经度坐标; a 表示高度坐标; A 和 B 表示中间变量矩阵的符号。

[0046] 于本发明的一实施例中, 所述交通摄像头参数至少包括以下任意一种: 内部参数、外部参数及地理空间相关参数; 其中, 所述内部参数至少包括: 焦距; 所述外部参数至少包括: 在地理空间中的三维位置; 所述地理空间相关参数至少包括: 姿态角。

[0047] 本发明提供一种交通摄像头参数获取系统, 包括: 获取模块和计算模块; 所述获取模块用于获取二维车辆轨迹和三维车辆轨迹; 所述计算模块用于基于所述二维车辆轨迹和

所述三维车辆轨迹计算交通摄像头参数。

[0048] 本发明提供一种存储介质,其上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器执行时实现上述的交通摄像头参数获取方法。

[0049] 本发明提供一种电子设备,包括:处理器及存储器;所述存储器用于存储计算机程序;所述处理器用于执行所述存储器存储的计算机程序,以使所述电子设备执行上述的交通摄像头参数获取方法。

[0050] 本发明提供一种交通摄像头参数获取系统,包括:交通摄像头、RTK设备及上述的电子设备;所述交通摄像头用于采集二维车辆轨迹,及用于将所述二维车辆轨迹发送至所述电子设备;所述RTK设备用于采集三维车辆轨迹,及用于将所述三维车辆轨迹发送至所述电子设备。

[0051] 如上所述,本发明所述的交通摄像头参数获取方法、系统、介质及电子设备,具有以下有益效果:

[0052] (1) 与现有技术相比,本发明涉及基于摄像头检测到的二维车辆轨迹与高精度的RTK设备测得的三维地理空间“探头”车辆轨迹,通过优化算法为高精度交通摄像头求解参数。

[0053] (2) 本发明以优化目标作为需要求解和优化的参数函数,通过计算相应的数学函数关系式来构建自动化摄像头参数求解器。

附图说明

[0054] 图1显示为本发明的交通摄像头参数获取方法于一实施例中的流程图。

[0055] 图2a至图2e分别显示为本发明的探头车辆的五个不同路线在图像中的轨迹于一实施例中的示意图。

[0056] 图3A和图3B分别显示为本发明的RTK GPS测量到的探头车的轨迹和通过优化算法求解得到的摄像头参数进行变换的探头车的轨迹的比较于一实施例中的示意图。

[0057] 图4A和图4B分别显示为本发明的优化算法的定位精度和定位精度的系统误差于一实施例中的示意图。

[0058] 图5显示为本发明的交通摄像头参数获取系统于一实施例中的结构示意图。

[0059] 图6显示为本发明的电子设备于一实施例中的结构示意图。

[0060] 图7显示为本发明的交通摄像头参数获取系统于另一实施例中的结构示意图。

具体实施方式

[0061] 以下通过特定的具体实施例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用,本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用,在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。需说明的是,在不冲突的情况下,以下实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0062] 需要说明的是,以下实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想,图示中仅显示与本发明中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及尺寸绘制,其实际实施时各组件的型态、数量及比例可为一种随意的改变,且其组件布局型态也可

能更为复杂。

[0063] 本发明的交通摄像头参数获取方法、系统、介质及电子设备,与现有技术相比,本发明涉及基于摄像头检测到的二维车辆轨迹与高精度的RTK设备测得的三维地理空间“探头”车辆轨迹,通过优化算法为高精度交通摄像头求解参数;本发明以优化目标作为需要求解和优化的参数函数,通过计算相应的数学函数关系式来构建自动化摄像头参数求解器。

[0064] 本发明的存储介质上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器执行时实现下述的交通摄像头参数获取方法。所述存储介质包括:只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机访问存储器(Random Access Memory,RAM)、磁碟、U盘、存储卡或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0065] 可以采用一个或多个存储介质的任意组合。存储介质可以是计算机可读信号介质或者计算机可读存储介质。计算机可读存储介质例如可以是——但不限于——电、磁、光、电磁、红外线、或半导体的系统、装置或器件,或者任意以上的组合。计算机可读存储介质的更具体的例子(非穷举的列表)包括:具有一个或多个导线的电连接、便携式计算机盘、硬盘、RAM、ROM、可擦式可编程只读存储器(EPROM或闪存)、光纤、便携式紧凑盘只读存储器(CD-ROM)、光存储器件、磁存储器件、或者上述的任意合适的组合。在本文件中,计算机可读存储介质可以是任何包含或存储程序的有形介质,该程序可以被指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用。

[0066] 计算机可读的信号介质可以包括在基带中或者作为载波一部分传播的数据信号,其中承载了计算机可读的程序代码。这种传播的数据信号可以采用多种形式,包括——但不限于——电磁信号、光信号或上述的任意合适的组合。计算机可读的信号介质还可以是计算机可读存储介质以外的任何计算机可读介质,该计算机可读介质可以发送、传播或者传输用于由指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用的程序。

[0067] 计算机可读介质上包含的程序代码可以用任何适当的介质传输,包括——但不限于——无线、有线、光缆、RF等等,或者上述的任意合适的组合。

[0068] 可以以一种或多种程序设计语言的任意组合来编写用于执行本发明操作的计算机程序代码,所述程序设计语言包括面向对象的程序设计语言-诸如Java、Smalltalk、C++等,还包括常规的过程式程序设计语言-诸如“C”语言或类似的设计语言。程序代码可以完全地在用户计算机上执行、部分地在用户计算机上执行、作为一个独立的软件包执行、部分在用户计算机上部分在远程计算机上执行、或者完全在远程计算机或服务器上执行。在涉及远程计算机的情形中,远程计算机可以通过任意种类的网络——包括局域网(LAN)或广域网(WAN)-连接到用户计算机,或者,可以连接到外部计算机(例如利用因特网服务提供商来通过因特网连接)。

[0069] 下面将参照根据本发明实施例的方法、装置(系统)和计算机程序产品的流程图和/或框图描述本发明。应当理解,流程图和/或框图的每个方框以及流程图和/或框图中各方框的组合,都可以由计算机程序指令实现。这些计算机程序指令可以提供给通用计算机、专用计算机或其它可编程数据处理装置的处理器,从而生产出一种机器,使得这些计算机程序指令在通过计算机或其它可编程数据处理装置的处理器执行时,产生了实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功能/动作的装置。

[0070] 也可以把这些计算机程序指令存储在计算机可读介质中,这些指令使得计算机、

其它可编程数据处理装置、或其他设备以特定方式工作,从而,存储在计算机可读介质中的指令就产生出包括实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功能/动作的指令的制造品(article of manufacture)。

[0071] 也可以把计算机程序指令加载到计算机、其它可编程数据处理装置、或其它设备上,使得在计算机、其它可编程数据处理装置或其它设备上执行一系列操作步骤,以产生计算机实现的过程,从而使得在计算机或其它可编程装置上执行的指令提供实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功能/动作的过程。

[0072] 如图1所示,于一实施例中,本发明的交通摄像头参数获取方法应用于一电子设备;具体地,该交通摄像头参数获取方法包括以下步骤:

[0073] 步骤S1、获取二维车辆轨迹和三维车辆轨迹。

[0074] 具体地,由交通摄像头采集二维车辆轨迹,并将该二维车辆轨迹发送至电子设备;由RTK设备采集三维车辆轨迹,并将该三维车辆轨迹发送至该电子设备。

[0075] 于一实施例中,所述二维车辆轨迹为图像数据;所述三维车辆轨迹为GPS轨迹数据。

[0076] 步骤S2、基于所述二维车辆轨迹和所述三维车辆轨迹计算交通摄像头参数。

[0077] 于一实施例中,所述交通摄像头参数至少包括但并不限于以下任意一种:内部参数、外部参数及地理空间相关参数;其中,所述内部参数至少包括但并不限于:焦距;所述外部参数至少包括但并不限于:在地理空间中的三维位置(包括纬度、经度、海拔等);所述地理空间相关参数至少包括但并不限于:姿态角(包括极角、方位角等)。

[0078] 需要说明的是,选择若干用于二维到三维变换或映射的自定义参数,可以是摄像头内部参数、摄像头外部参数或任何其它地理空间相关参数,但需确保所选参数具有不同的呈现过程。

[0079] 于一实施例中,所述交通摄像头参数包括传感器朝向在水平地面上的投影的方位角 φ 、传感器朝向与水平面之间的极角 θ 、传感器质心的地理空间纬度坐标 r_l (WGS84坐标系)、传感器质心的地理空间经度坐标 r_p (WGS84坐标系)及传感器质心距地面的海拔或高度 r_a 。

[0080] 需要说明的是,当被投射的朝向指向地球的北极时,方位角 φ 为零;俯瞰时,当从北极顺时针旋转时, φ 为正值;当从北极逆时针旋转时, φ 为负值,因此,方位角 φ 的范围为 -180° 到 180° ;当传感器呈水平朝向,极角 θ 为零;当传感器朝下指向地面时,极角 θ 为正值;而当传感器指向朝上时,极角 θ 为负值,极角 θ 的范围为 -90° 到 90° 。

[0081] 于一实施例中,所述基于所述二维车辆轨迹和所述三维车辆轨迹计算交通摄像头参数的计算公式为:

$$[0082] \quad L_{total} = \sum_i L_{local}^i \quad (1)$$

[0083] 公式(1)为总损失函数的公式;其中, L_{total} 表示总损失; L_{local}^i 表示局部损失,所述局部损失是基于所述图像数据上选择的参照点和所述GPS轨迹数据计算所得; i 表示各所述参照点。

[0084] 如果将GPS轨迹的各区段视作一系列由两个系数 c_0^j, c_1^j 表示的线段,其中, j 代表

GPS轨迹中的线段指数,那么可得:

$$[0085] \quad L_{local}^i = (x_t^i - x_{closest}^i)^2 + (y_t^i - y_{closest}^i)^2 + (z_t^i - z_{closest}^i)^2 \quad (2)$$

[0086] 其中, x_t^i , y_t^i , z_t^i 表示所述参照点i在t时刻(时间序列数据)的变换三维空间位置的笛卡尔坐标; $x_{closest}^i$, $y_{closest}^i$, $z_{closest}^i$ 表示所述参照点i的变换位置与指数为j的所选线段之间的最短距离点的坐标,计算公式如下:

$$[0087] \quad x_{closest}^i = -\frac{c_0^j c_1^j - c_1^j y_t^i - x_t^i}{1 + c_1^j} \quad (3)$$

$$[0088] \quad y_{closest}^i = c_0^j + c_1^j x_{closest}^i \quad (4)$$

$$[0089] \quad z_{closest}^i \equiv 0 \quad (5)$$

[0090] x_t^i , y_t^i , z_t^i 可以利用摄像头模型中的内部参数与摄像头的外部参数计算,具体如下所示:

$$[0091] \quad x_t^i = r_{00}x_g^i + r_{01}y_g^i + r_{02}z_g^i \quad (6)$$

$$[0092] \quad y_t^i = r_{10}x_g^i + r_{11}y_g^i + r_{12}z_g^i \quad (7)$$

$$[0093] \quad z_t^i = r_{20}x_g^i + r_{21}y_g^i + r_{22}z_g^i \quad (8)$$

[0094] 其中, r_{mn} 表示传感器旋转矩阵的矩阵元素; $R_{3 \times 3}$ 表示所述旋转矩阵;采用平移矢量后, x_g^i , y_g^i , z_g^i 表示全局参考坐标系中的坐标(其中下标g代表global全局坐标系下的坐标,相对于l代表的是local局部坐标系下的坐标),如下所示:

$$[0095] \quad x_g^i = x_l^i - x_0^i \quad (9)$$

$$[0096] \quad y_g^i = y_l^i - y_0^i \quad (10)$$

$$[0097] \quad z_g^i = z_l^i - z_0^i \quad (11)$$

[0098] 其中,下标“l”表示局部传感器在参考坐标系中的坐标,在该坐标系中,z轴的指向与传感器朝向相反,x轴指向右侧,面向传感器时,y轴指向上方; x_l^i , y_l^i , z_l^i 表示所述参照点i的局部坐标,通过以下公式计算:

$$[0099] \quad x_l^i = \frac{(u^i - 0.5) \cdot w}{f} \quad (12)$$

$$[0100] \quad y_l^i = \frac{(0.5 - v^i) \cdot h}{f} \quad (13)$$

$$[0101] \quad z_l^i = -d^i \quad (14)$$

[0102] 其中,u和v分别表示分数形式的像素坐标,数值范围为0-1;(u=0,v=0)指图像的左上角;(u=1,v=1)指图像的右下角;d表示像素深度,指成像对象与镜头的距离,单位为米;w和h分别表示传感器尺寸参数宽度和高度,单位为毫米;f表示焦距,单位为毫米。

[0103] 平移分量 x_0^i , y_0^i , z_0^i 可以利用传感器旋转矩阵 $R_{3 \times 3}$ 和传感器的位置计算,如下所示:

$$[0104] \quad x_0^i = -(r_{00}r_p + r_{10}r_a + r_{20}r_r) \quad (15)$$

$$[0105] \quad y_0^i = -(r_{01}r_p + r_{11}r_a + r_{21}r_r) \quad (16)$$

$$[0106] \quad z_0^i = -(r_{02}r_p + r_{12}r_a + r_{22}r_r) \quad (17)$$

[0107] 利用数值优化法Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS) 优化与求解参数 φ 、 θ 、 r_l 、 r_p 、 r_a ,使用的偏导数如下:

$$[0108] \quad \frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{\varphi} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, a^i, c_0^j, c_1^j)}{\varphi} \quad (18)$$

$$[0109] \quad \frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{\theta} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, a^i, c_0^j, c_1^j)}{\theta} \quad (19)$$

$$[0110] \quad \frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{r_l} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, a^i, c_0^j, c_1^j)}{r_l} \quad (20)$$

$$[0111] \quad \frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{r_p} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, a^i, c_0^j, c_1^j)}{r_p} \quad (21)$$

$$[0112] \quad \frac{\partial L_{total}(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a)}{r_a} = \sum_i \frac{\partial L_{local}^i(\varphi, \theta, r_l, r_p, r_a; u^i, v^i, a^i, c_0^j, c_1^j)}{r_a} \quad (22)$$

[0113] 可以计算矩阵和矢量投影,然后利用计算结果完成二维图像坐标到三维地理空间坐标的变换:R矩阵(Rotation旋转矩阵)用于旋转,T矢量用于平移,G矩阵代表从x-y-z笛卡尔坐标到地理空间经纬坐标的墨卡托投影,这些矩阵利用从上述优化程序求解来的参数计算:

[0114] R (Rotation旋转矩阵) 矩阵的计算公式如下:

$$[0115] \quad R_{3 \times 3} = \begin{pmatrix} r_{00} & r_{01} & r_{02} \\ r_{10} & r_{11} & r_{12} \\ r_{20} & r_{21} & r_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_x & r_y & r_z \\ u_x & u_y & u_z \\ -h_x & -h_y & -h_z \end{pmatrix} \quad (23)$$

[0116] 其中的3个正交分量的计算公式如下:

$$[0117] \quad \vec{h} = (\cos(\theta) \times \sin(\varphi), \sin(\theta), \cos(\theta) \times \cos(\varphi)) \quad (24)$$

$$[0118] \quad \vec{r} = (0, 0, -1) \times \vec{h} \quad (25)$$

$$[0119] \quad \vec{u} = -\vec{h} \times \vec{r} \quad (26)$$

[0120] T矢量的计算公式如下:

$$[0121] \quad T_{3 \times 1} = \begin{pmatrix} t_0 \\ t_1 \\ t_2 \end{pmatrix} = -R_{3 \times 3} \times \begin{pmatrix} k_x \times r_p + x_0 \\ r_a \\ k_z \times r_l + z_0 \end{pmatrix} \quad (27)$$

[0122] G矩阵 (Geographic地理坐标转换矩阵) 的计算公式如下:

$$[0123] \quad G_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} g_{00} & 0 & 0 & g_{03} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & g_{22} & g_{23} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (28)$$

[0124] 二维图像坐标到三维地理空间坐标的变换可表示为:

$$[0125] \quad \vec{r}_{geospatial} = f(\vec{r}_{image}) \quad (29)$$

[0126] 用矩阵符号表示如下:

$$[0127] \quad r_{4 \times 1}^g = A_{4 \times 4} \times \begin{pmatrix} u \times d \\ v \times d \\ d \\ 1 \end{pmatrix}_{4 \times 1} - B_{4 \times 1} \quad (30)$$

$$[0128] \quad r_l = r_2^g \quad (31)$$

$$[0129] \quad r_p = r_0^g \quad (32)$$

$$[0130] \quad r_a = r_1^g \quad (33)$$

[0131] 其中,u-v测量值由传感器提供,l代表纬度坐标latitude,p代表经度坐标phi,a代表高度坐标altitude,辅助矩阵A和B(A和B仅代表中间变量矩阵的符号)可通过以下公式计算:

$$[0132] \quad A_{4 \times 4} = G_{4 \times 4} \times \begin{bmatrix} A_{3 \times 3} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix}_{4 \times 4} \quad (34)$$

$$[0133] \quad B_{4 \times 1} = G_{4 \times 4} \times \begin{pmatrix} B_{3 \times 1} \\ 0 \end{pmatrix}_{4 \times 1} \quad (35)$$

[0134] 其中,

$$[0135] \quad A_{3 \times 3} = R^T \times K^{-1} \quad (36)$$

$$[0136] \quad B_{3 \times 1} = R^T \times T_{3 \times 1} \quad (37)$$

[0137] 其中,K和 K^{-1} 矩阵分别表示交通摄像头或传感器的固有投影矩阵及相应的逆矩阵。

[0138] 下面通过具体实施例来进一步解释说明本发明的交通摄像头参数获取方法。

[0139] 将RTK GPS轨迹与单纯基于利用图像数据获得的检测、踪迹测量的变换轨迹进行对比,从而测量求解出的摄像头参数与相关变换的性能,为使性能测量结果具有统计学意义,采用了五条路线。

[0140] 如图2a至图2e(测量摄像头参数的性能时,使用的5条“探头”车辆行使路线)所示,于一个交通路口的实验中,记录了探头车五个不同的路线,展示了探头车辆在图像中的轨迹(黑色的粗线)。

[0141] 需要说明的是,“探测”头自动化注入到一个路网系统中,探头车装载有高精度定位的RTK GPS差分GPS,行驶经过需要求解参数的摄像头路网;优化算法通过计算RTK GPS的轨迹数据和“探头”车在高位摄像头图像数据中的轨迹之间的差值作为损失函数,优化求解计算摄像头的参数。

[0142] 如图3A和图3B所示,分别展示了RTK GPS测量到的探头车的轨迹和通过优化算法求解得到的摄像头参数进行变换的探头车的轨迹的比较,求解得到的探头车的轨迹和RTK GPS的参考轨迹的误差很小;其中,图3B展示了求解得到的探头车的地理位置信息,经度纬

度坐标(WGS-84)。

[0143] 如图4A和图4B所示,分别展示了优化算法的定位精度(图4A)和定位精度的系统误差(图4B);其中,精度和精度的系统误差的测量被划分到画面中 10×10 的矩阵中进行,用来观察算法的精度和车辆在画面中的位置之间的关联度。

[0144] 进一步地,利用上述的交通摄像头参数获取方法搭建一深度神经网络,并使用装有RTK GPS的“探头”车辆训练该深度神经网络,以使该深度神经网络能够基于该交通摄像头参数获取方法预测出摄像头的参数;具体地,通过将交通摄像头的视频序列(对应上述的“二维车辆轨迹”)和“探头”车辆的GPS轨迹(对应上述的“三维车辆轨迹”)输入至该深度神经网络,以使该深度神经网络输出交通摄像头参数。

[0145] 需要说明的是,本发明所述的交通摄像头参数获取方法的保护范围不限于本实施例列举的步骤执行顺序,凡是根据本发明的原理所做的现有技术的步骤增减、步骤替换所实现的方案都包括在本发明的保护范围内。

[0146] 如图5所示,于一实施例中,本发明的交通摄像头参数获取系统包括获取模块51和计算模块52。

[0147] 所述获取模块51用于获取二维车辆轨迹和三维车辆轨迹。

[0148] 所述计算模块52用于基于所述二维车辆轨迹和所述三维车辆轨迹计算交通摄像头参数。

[0149] 需要说明的是,本发明的交通摄像头参数获取系统的工作原理与上述交通摄像头参数获取方法的工作原理相同,故在此不再赘述。

[0150] 需要说明的是,应理解以上系统的各个模块的划分仅仅是一种逻辑功能的划分,实际实现时可以全部或部分集成到一个物理实体上,也可以物理上分开。且这些模块可以全部以软件通过处理元件调用的形式实现;也可以全部以硬件的形式实现;还可以部分模块通过处理元件调用软件的形式实现,部分模块通过硬件的形式实现。例如,x模块可以为单独设立的处理元件,也可以集成在上述系统的某一个芯片中实现,此外,也可以以程序代码的形式存储于上述系统的存储器中,由上述系统的某一个处理元件调用并执行以上x模块的功能。其它模块的实现与之类似。此外这些模块全部或部分可以集成在一起,也可以独立实现。这里所述的处理元件可以是一种集成电路,具有信号的处理能力。在实现过程中,上述方法的各步骤或以上各个模块可以通过处理器元件中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。

[0151] 例如,以上这些模块可以是配置成实施以上方法的一个或多个集成电路,例如:一个或多个特定集成电路(Application Specific Integrated Circuit,简称ASIC),或,一个或多个数字信号处理器(Digital Signal Processor,简称DSP),或,一个或者多个现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,简称FPGA)等。再如,当以上某个模块通过处理元件调度程序代码的形式实现时,该处理元件可以是通用处理器,例如中央处理器(Central Processing Unit,简称CPU)或其它可以调用程序代码的处理器。再如,这些模块可以集成在一起,以片上系统(System-On-a-Chip,简称SOC)的形式实现。

[0152] 如图6所示,本发明的电子设备包括处理器61及存储器62。

[0153] 所述存储器62用于存储计算机程序;优选地,所述存储器62包括:ROM、RAM、磁碟、U盘、存储卡或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0154] 所述处理器61与所述存储器62相连,用于执行所述存储器62存储的计算机程序,以使所述电子设备执行上述的交通摄像头参数获取方法。

[0155] 优选地,所述处理器61可以是通用处理器,包括中央处理器(Central Processing Unit,简称CPU)、网络处理器(Network Processor,简称NP)等;还可以是数字信号处理器(Digital Signal Processor,简称DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,简称ASIC)、现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,简称FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。

[0156] 如图7所示,于一实施例中,本发明的交通摄像头参数获取系统包括交通摄像头71、RTK设备72及上述的电子设备73。

[0157] 具体地,所述交通摄像头71用于采集二维车辆轨迹,及用于将所述二维车辆轨迹发送至所述电子设备73;所述RTK设备72用于采集三维车辆轨迹,及用于将所述三维车辆轨迹发送至所述电子设备73。

[0158] 需要说明的是,该交通摄像头参数获取系统的工作原理与上述交通摄像头参数获取方法的工作原理相同,故在此不再赘述。

[0159] 需要说明的是,本发明的交通摄像头参数获取系统可以实现本发明的交通摄像头参数获取方法,但本发明的交通摄像头参数获取方法的实现装置包括但不限于本实施例列举的交通摄像头参数获取的结构,凡是根据本发明的原理所做的现有技术的结构变形和替换,都包括在本发明的保护范围内。

[0160] 综上所述,本发明的交通摄像头参数获取方法、系统、介质及电子设备,与现有技术相比,本发明涉及基于摄像头检测到的二维车辆轨迹与高精度的RTK设备测得的三维地理空间“探头”车辆轨迹,通过优化算法为高精度交通摄像头求解参数;本发明以优化目标作为需要求解和优化的参数函数,通过计算相应的数学函数关系式来构建自动化摄像头参数求解器;所以,本发明有效克服了现有技术中的种种缺点而具高度产业利用价值。

[0161] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效,而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因此,举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本发明的权利要求所涵盖。

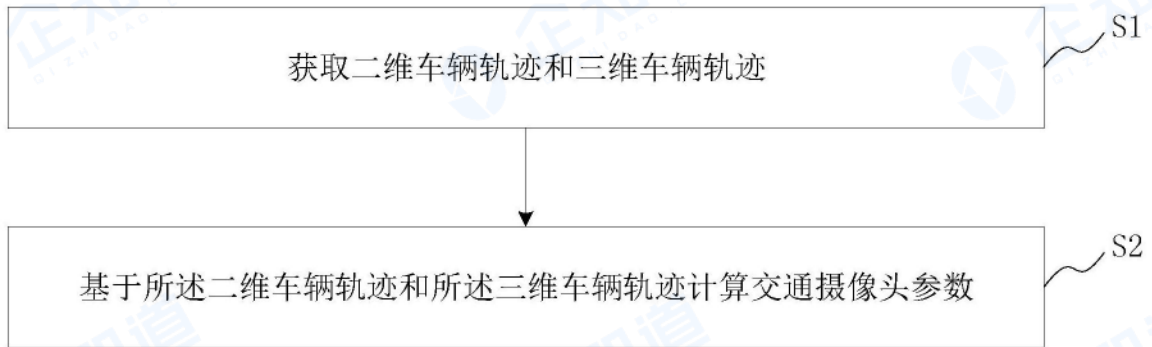


图1



图2a



图2b



图2c



图2d



图2e

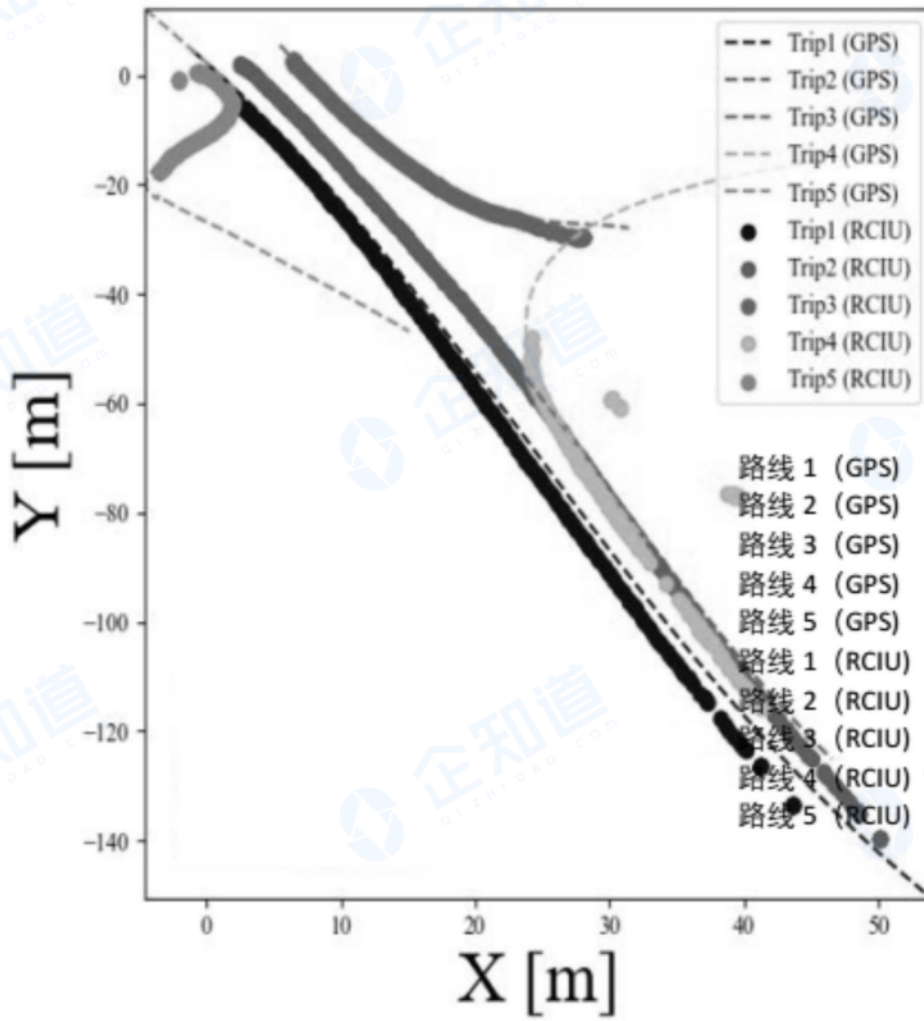
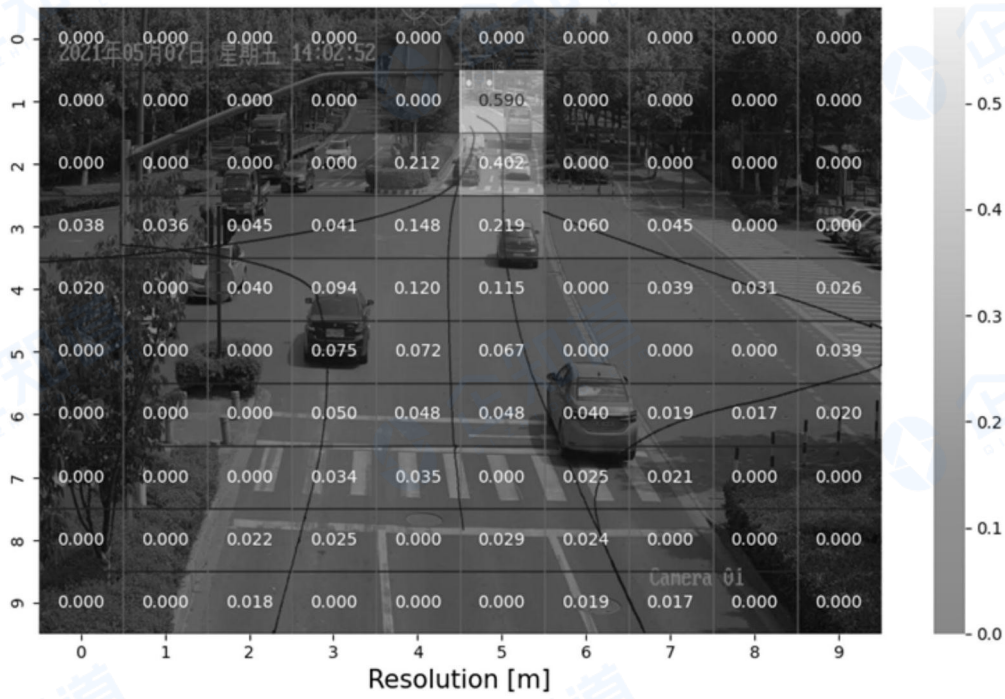


图3A

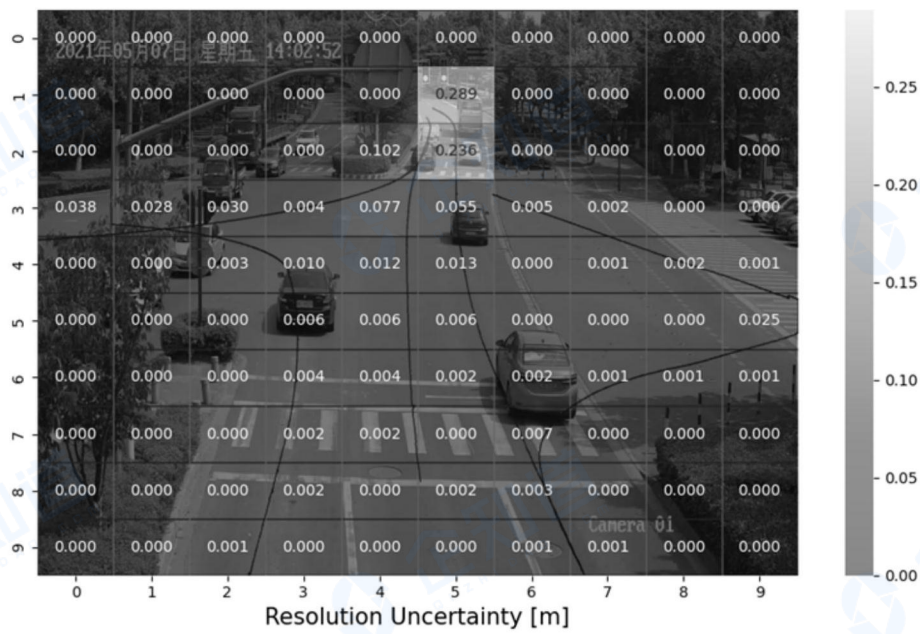


图3B



分辨率 [m]

图4A



分辨率不确定性 [m]

图4B

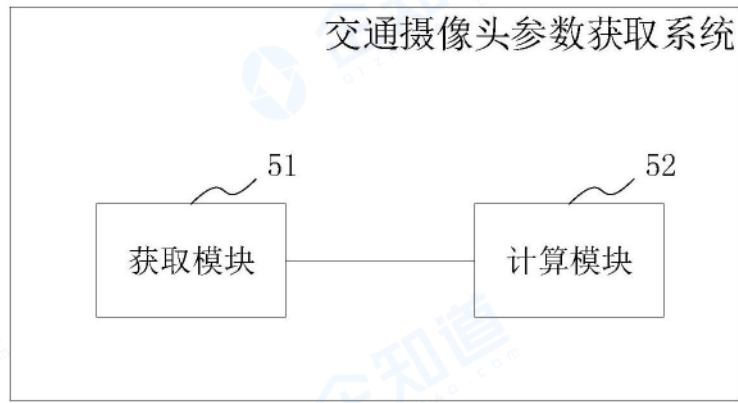


图5

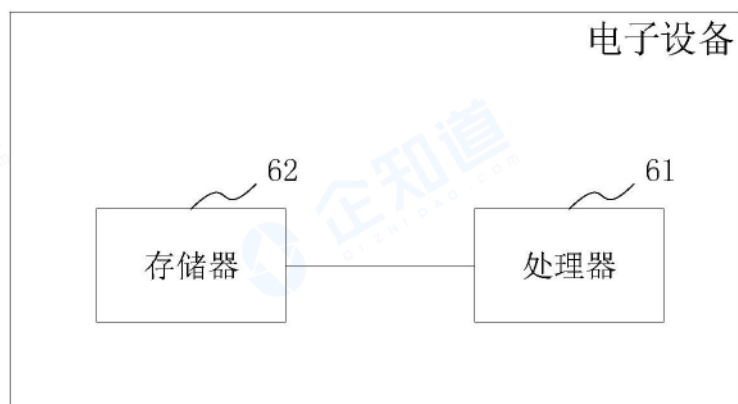


图6

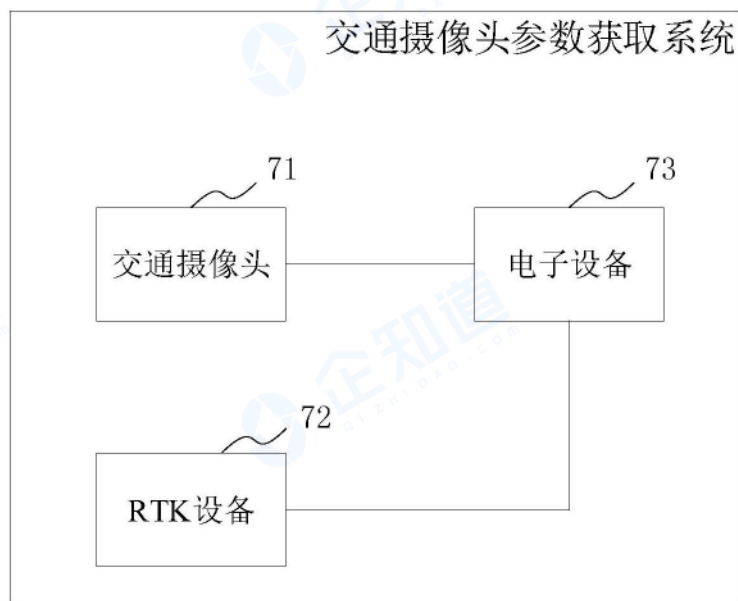


图7