

基于检测框下边沿的单目视觉车辆测距研究

刘宏利, 王雨林, 邵磊, 李季

引用本文

刘宏利, 王雨林, 邵磊, 李季. 基于检测框下边沿的单目视觉车辆测距研究[J]. 计算机科学, 2024, 51(6A): 231000077-6.

LIU Hongli, WANG Yulin, SHAO Lei, LI Ji. Study on Monocular Vision Vehicle Ranging Based on Lower Edge of Detection Frame [J]. Computer Science, 2024, 51(6A): 231000077-6.

相似文章推荐 (请使用火狐或 IE 浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

[面向产线AI质检的少样本评测方法研究和验证](#)

Study and Verification on Few-shot Evaluation Methods for AI-based Quality Inspection in Production Lines

计算机科学, 2024, 51(6A): 230700086-8. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.230700086>

[融合注意力机制与线激光辅助的输送带缺陷检测网络](#)

Conveyor Belt Defect Detection Network Combining Attention Mechanism with Line Laser Assistance

计算机科学, 2024, 51(6A): 230800115-6. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.230800115>

[卷烟厂卷包车间工人违规作业行为检测方法](#)

Detection Method for Workers' Illegal Operation Behavior in Packaging Workshop of Cigarette Factory

计算机科学, 2024, 51(6A): 230700123-8. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.230700123>

[基于改进FCOS的遥感图像舰船目标检测](#)

Ships Detection in Remote Sensing Images Based on Improved FCOS

计算机科学, 2024, 51(6A): 230700166-7. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.230700166>

[感受野扩展与多分支聚合的目标检测方法](#)

Object Detection with Receptive Field Expansion and Multi-branch Aggregation

计算机科学, 2024, 51(6A): 230600151-6. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.230600151>

基于检测框下边沿的单目视觉车辆测距研究

刘宏利 王雨林 邵磊 李季

天津市新能源电力变换传输与智能控制重点实验室(天津理工大学) 天津 300384

摘要 对车辆测距是当今驾驶领域的热门研究方向。针对传统测距方法测距精度受到车型大小影响的问题以及前车存在的 X 轴偏移问题,提出了基于检测框下边沿中心点的车辆测距模型。该模型通过使用单目视觉摄像头及车辆检测算法获取前方车辆的位置信息,并通过车辆检测框得出的下边沿中心点坐标,以及相机安装的俯仰角信息综合建立了车辆测距模型,解决了车型大小带来的误差问题;通过构建三角函数模型,解决了前车相对于实验车辆存在的 X 轴分量问题,并优化改进了前车安全距离的判定方式;设定车尾矩形框中心点横坐标与车辆外接矩形框宽度的比值 λ ,根据 λ 取值分情况讨论,使该模型更符合场景应用需要。并提出了基于测距关键点的逆透视变换模型,减小了测距误差。实验表明,改进后测距模型的测距精度不受车型大小的影响且能考虑到前车位置的 X 轴分量问题,改进后的测距模型相对于传统测距模型,测距误差降低了约 1.5%,且测距精度明显提高。

关键词:单目视觉;测距;逆透视变换;检测框下边沿中心点;目标检测

中图分类号 TP181

Study on Monocular Vision Vehicle Ranging Based on Lower Edge of Detection Frame

LIU Hongli, WANG Yulin, SHAO Lei and LI Ji

Tianjin Key Laboratory of New Energy Power Conversion Transmission and Intelligent Control, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China

Abstract The study on vehicle ranging is a hot research direction in the field of driving today, and aiming at the problems that the ranging accuracy of traditional ranging methods is affected by the size of the model and the X -axis offset of the vehicle in front, a vehicle ranging model based on the center point of the lower edge of the detection frame is proposed. The model uses a monocular vision camera and vehicle detection algorithm to obtain the position information of the vehicle in front, and establishes a vehicle ranging model by comprehensively establishing the vehicle ranging model through the coordinates of the center point of the lower edge obtained by the vehicle detection frame and the pitch angle information installed by the camera, which solves the error problem caused by the size of the model, and solves the problem of X -axis component of the preceding vehicle relative to the experimental vehicle by constructing the trigonometric model, and optimizes and improves the determination method of the safety distance of the preceding vehicle. At the same time, the ratio λ of the abscissa of the center point of the rear rectangular frame to the width of the external rectangular frame of the vehicle is set, and the situation is discussed according to the λ value, so that the model is more in line with the needs of scene applications. An inverse perspective transformation model based on the key points of ranging is proposed to reduce the ranging error. Experiments show that the ranging accuracy of the improved ranging model is not affected by the size of the model and can take into account the X -axis component of the front vehicle position, and the ranging error of the improved ranging model is reduced by about 1.5% compared with the traditional ranging model, and the ranging accuracy of the improved ranging method is significantly improved.

Keywords Monocular vision, Ranging, Inverse perspective transformation, Center point of the lower edge of detection box, Object detection

1 引言

据统计,2022年全国机动车保有量达3.95亿辆,其中汽车3.02亿辆;机动车驾驶人达4.81亿人,其中汽车驾驶人4.44亿人;同时,全国新注册登记机动车3674万辆,新领证驾驶人2750万人^[1]。随着汽车保有量的不断增加,交通事故

的发生也更加频繁,已经成为必须重视的社会问题^[2]。精准高效的车辆检测在自动驾驶及智能交通领域有重要意义,检测的速度和精度是验证车辆检测系统好坏的重要指标,YOLOv5带来的快速高效的车辆目标检测效果配合实时、高效、准确的测距方法,能够为人们的出行带来极大的安全保障^[3]。

基金项目:基于深度学习的储能电池寿命预测与储能电站能量管理研究(DGB51202201419)

This work was supported by the Research on Energy Storage Battery Life Prediction and Energy Management of Energy Storage Power Station Based on Deep Learning(DGB51202201419).

通信作者:刘宏利(3055927455@qq.com)

现阶段市场上的测距方法一般分为两种：一种是主动测距法，代表方法有超声波测距^[4]、激光雷达测距^[5]、微波雷达测距^[6]、红外测距等^[7]；另一种是被动测距法，代表方法有单目视觉测距法^[8]和双目视觉测距法^[9]。Han等^[10]在图像处理的基础上，利用小孔成像原理，将光心与目标物的距离关系转化为光心与特征点的距离关系，从而实现了目标物体的距离测量，但是该方法的精度容易受到车型大小的影响^[11]。Wang^[12]基于单帧静态图像测距模型，利用单目视觉摄像机的内参数和标定出的外参数实现前方目标物的距离测量，该方法采用单帧图像计算的方法导致检测速度较慢。Xiang等^[13]提出了一种基于特征尺寸成像变化规律的单目视觉测距算法，虽然该方法有效地提高了单目测距的精度，但是该方法稳定性较低，难以适应复杂的路况环境^[14]。上述方法在前方车辆与本车距离相差较远时，会导致目标特征信息减少，干扰车辆增多，且因为车型大小的影响会导致距离测量结果不准确。

本文提出了基于检测框下边沿中心点的车辆测距模型，解决了车型大小不同带来的误差问题，以及前车相对于实验车辆存在的X轴分量问题。该模型通过车辆检测框得出的下边沿中心点坐标，以及相机安装的俯仰角信息综合建立了车辆测距模型，并构建三角函数模型。通过基于测距关键点的逆透视变换模型，减小了测距误差。实验结果表明，改进的单目视觉测距模型的测距准确性得到提升，并且更加符合场景应用的需要。

2 基于检测框下边沿中心点的单目视觉车辆测距

2.1 基于单目视觉的距离测量方法

2.1.1 基于小孔成像的测距方法

单目相机的测距原理即是小孔成像^[15]，因此当知道目标物的高度信息时，可根据相似三角形的原理，推出目标物与相机所在位置的垂直距离 D ，如图1所示。

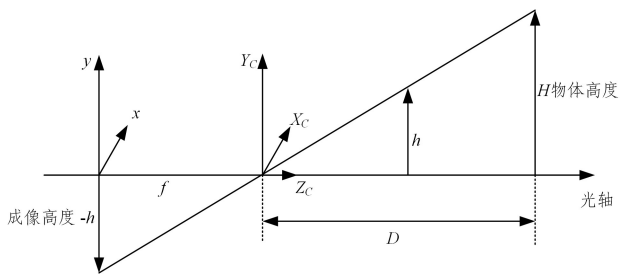


图1 小孔成像测距原理图

Fig. 1 Schematic diagram of small hole imaging ranging

$$\frac{f}{D} = \frac{h}{H} \quad (1)$$

其中， D 表示目标物体与相机垂直落点之间的水平距离， f 表示单目相机的焦距，通过张正友标定法可得^[16]。 H 表示被测物体的实际高度， h 表示目标物体在相机成像平面的投影高度，可由每行每列像素代表毫米数量 dx 和图像投影所含原件数量 n 的乘积表示。则可得式(2)：

$$D = \frac{Hf}{nd_x} \quad (2)$$

由式(2)可以明显看出，前车距离的测量与被测车辆的高度有关。该方法在行车目标测量中存在很大缺陷，即前方不同车辆位于同一位置时，由于汽车的高度不同会导致测量

结果不一样。为避免上述问题，本文提出了基于检测框下边沿中心点的距离测量方法。

2.1.2 基于检测框下边沿中心点的测距方法

前向车辆测距时，由于前向车辆所处位置的不同，车辆在相机拍摄到的图像中会呈现不同的角度和位姿，可以看出车辆下边沿测距的难度取决于观察车辆的视角的不同。

分析车辆在行驶过程中的位置变化时，随着观察车辆角度不同，车辆矩形检测框与车辆检测框下边沿的相对位置也在发生变化。

在进行车辆关键点估计时，为了在实际应用过程中确定车辆所处的位姿，定义表示车尾矩形框中心点横坐标与车辆外接矩形框宽度的比值变量 λ ， λ 的取值不同代表了车辆所处位姿和观察视角的变化。

点的选择分为两种情况：

(1)可以观察到车辆侧面的情况。若 $\lambda \notin [0.42, 0.58]$ ，则属于车辆侧后方视角。

在可以确定车辆侧面的情况下，如果直接进行车辆矩形检测框的距离测量，将会产生测距误差，尤其对横向距离的估计影响较大，因此需要进行矩形框下边沿中心点测距。

为了能够更准确地捕获前方车辆与实验车辆之间的距离，通常将摄像机与道路成一定的夹角 θ_0 ，假设目标车辆恰好在实验车辆正前方，则可建立如图2所示的测距模型。

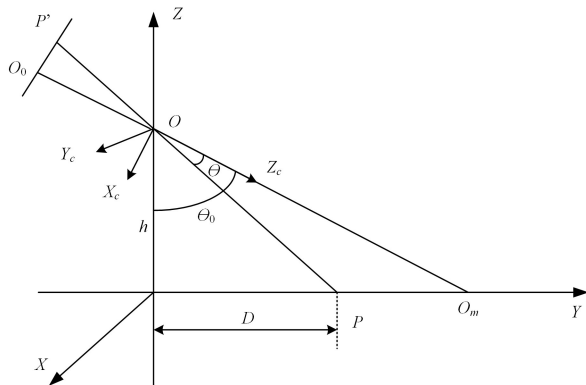


图2 基于检测框下边沿中心点测距原理图

Fig. 2 Schematic of ranging based on the center point of the lower edge of detection frame

图中Y轴的正方向为车辆行进方向， P 表示的是车辆检测框下边沿的位置中心点， o_m 表示摄像机光轴与前方道路的交点， h 表示摄像机垂直地面的高度， f 表示摄像机的焦距， θ 表示摄像机光轴与目标车辆检测框下边沿中心点和摄像机连线的夹角。则由几何关系可得式(3)一式(5)：

$$D = \frac{h}{\tan(\theta_0 - \theta)} \quad (3)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{v - v_0}{f_y}\right) \quad (4)$$

$$f_y = \frac{f}{d_y} \quad (5)$$

其中， v 和 v_0 分别表示被测物体在像素坐标中的横坐标与像素坐标中心点， f_y 表示相机坐标中y轴实际的物理尺寸。

上述公式可以很好地避免物体高度带来的测距误差问题，但是在行驶途中，前方车辆并未恰巧位于实验车辆的正前方(摄像机Y轴)，即会在X轴上存在一定的分量 Dx ，如图3所示。

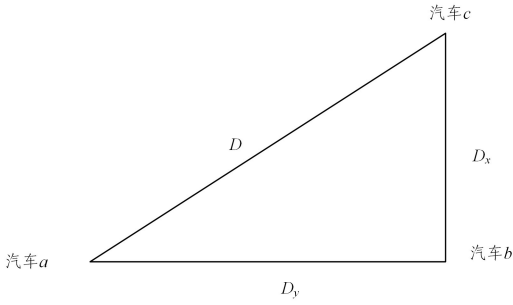


图3 车距示意图

Fig. 3 Vehicle distance diagram

为了能够准确地获取目标车辆与实验车辆在某个时刻的距离,建立如图4所示的相机成像模型。

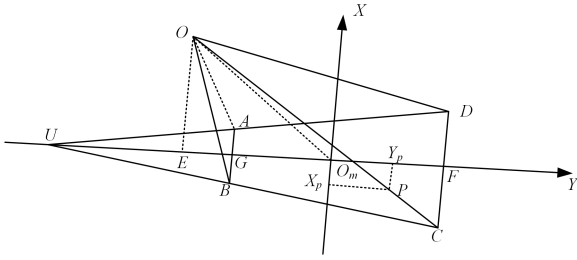


图4 相机成像模型

Fig. 4 Camera imaging model

图4中Y的正方向为车辆的前进方向,\$UCD\$为水平行驶道路平面,\$ABCD\$为摄像机所拍摄到的道路平面,\$P(X_p, Y_p)\$为待测点,\$o\$点表示摄像机中心点,\$o_m\$表示摄像机的光轴,\$E\$为摄像机在道路平面上的垂直投影。

图5为相机成像模型沿Y轴的侧剖图,\$OGF\$表示摄像机所拍摄到的视野范围,\$Y_p\$为目标点\$P\$在Y轴上的投影,对应于物理平面上的\$y_p\$。\$\theta_0\$表示摄像机与水平地面的俯仰角;\$\theta\$表示目标点与摄像机中心的连线与光轴之间的夹角;\$o_0\$表示像素坐标的中心点\$(u_0, v_0)\$,其对应的图像坐标为\$(x_0, y_0)\$;\$d\$表示图像的长度,由相机的成像分辨率得出;\$h\$表示摄像机距离地面的垂直高度;\$c\$表示摄像机视野下边沿与地面的交点\$G\$与摄像机在地面上的垂直投影点\$E\$的距离。\$h, c\$均可在实验前测量得出,\$B\$表示摄像头视野下边沿与摄像头垂直方向的夹角。则本文计算的实验车辆与目标车辆之间的距离表达式如式(6)所示。

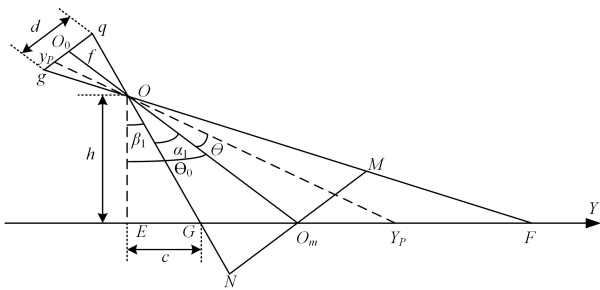


图5 相机成像模型Y轴侧剖图

Fig. 5 Y-axis side section of camera imaging model

$$\beta_1 = \arctan\left(\frac{c}{h}\right) \quad (6)$$

由三角函数关系及小孔成像原理可得式(7)及式(8):

$$\alpha_1 = \arctan\left(\frac{d}{2f}\right) \quad (7)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{y_p - y_0}{f}\right) \quad (8)$$

则检测框下边沿的位置\$Y_p\$与摄像机垂直地面投影点之间的距离\$D_y\$可表示为式(9):

$$D_y = h * \tan\left(\arctan\left(\frac{c}{h}\right) + \arctan\left(\frac{d}{2f}\right) + \arctan\left(\frac{y_p - y_0}{f}\right)\right) \quad (9)$$

由本文理论可知,要想通过单目视觉摄像机求得与前车的距离\$D_y\$,需要将图像坐标系坐标转换为像素坐标系坐标。由坐标系转换关系可知,像素点\$o_0\$在图像坐标中的\$y_0=0\$,设物理平面坐标点\$y_p\$在像素平面上的坐标为\$v_p\$,则\$y_p\$可由式(10)表示:

$$y_p = v_p - v_0 \quad (10)$$

则式(9)可以转化为式(11):

$$D_y = h * \tan\left(\arctan\left(\frac{c}{h}\right) + \arctan\left(\frac{d}{2f}\right) + \arctan\left(\frac{v_p - v_0}{f}\right)\right) \quad (11)$$

借助上述推导Y轴分量的方法来推导X轴分量,首先建立沿X轴的侧剖图,如图6所示。

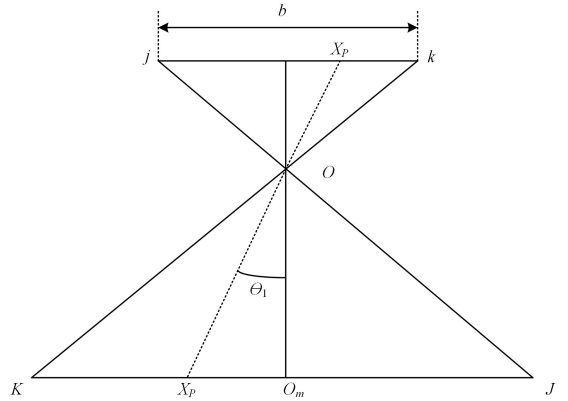


图6 相机成像模型X轴侧剖图

Fig. 6 X-axis side section of camera imaging model

根据式(8)可推导出式(12):

$$\theta_1 = \arctan\left(\frac{x_p - x_0}{f}\right) \quad (12)$$

进而可得\$OO_m\$的表达式如式(13)所示:

$$OO_m = \frac{h}{\cos(\alpha_1 + \beta_1)} \quad (13)$$

由三角函数关系式可得\$X_p O_m\$的长度,即\$D_x\$的表达式如式(14)所示:

$$D_x = \frac{h}{\cos(\alpha_1 + \beta_1)} \tan\left(\arctan\left(\frac{x_p - x_0}{f}\right)\right) \quad (14)$$

同求解Y轴分量可得,像素点\$O_0\$在图像坐标中的\$x_0=0\$,设物理平面坐标点\$x_p\$在像素平面上的坐标为\$u_p\$,则\$x_p\$可表示为:

$$x_p = u_p - u_0 \quad (15)$$

进而得出式(16):

$$D_x = \frac{h}{\cos(\alpha_1 + \beta_1)} \tan\left(\arctan\left(\frac{u_p - u_0}{f}\right)\right) \quad (16)$$

进而得出:

$$D = \sqrt{D_x^2 + D_y^2} \quad (17)$$

此方法需要预先测得摄像机的安装高度、摄像机视野下

边沿与地面的交点距离本车的距离,以及相机内外参数,准备过程较为复杂,但是能够避免传统基于小孔成像方法因车型大小而带来的误差问题,同时能考虑到前车与实验车辆存在的 X 轴分量问题。

(2)观察不到车辆侧面的情况。若 $\lambda \in [0.42, 0.58]$,属于车辆正后方视角。

目标车辆相对本车处于正前方时,车辆的下边沿和矩形检测框几乎可以重合,使用矩形检测框作为车辆的下边沿进行测距不会产生较大误差。所以,对于这种情况,应直接对车辆矩形检测框的下边沿进行测距。

2.2 逆透视变换

相机逆透视变换,是将图像像素坐标对应还原回物理世界坐标系中,得到图像俯视图^[17]。

相机成像的坐标系转换关系为将世界坐标系中的物理坐标点投射到像素坐标系中的物理坐标点,与相机成像互为逆过程关系。

不同于根据图像的全部像素点逆透视变换之后的线性关系进行测距的方法,本文结合标定算法并计算尺度缩放因子,并基于关键点的逆透视变换实现测距。步骤为,首先找到车辆下边沿测距中心点,然后根据缩放因子对该点进行逆透视变换,计算车辆距离,减小测距误差。传统的逆透视变换测距方法是将道路信息从图像中还原到物理道路平面俯视图中,根据其与实际道路平面的线性比例关系,实现车辆测距。这种方法的劣势是在对应线性比例图中车辆检测框下边沿难以被找到,因此无法准确得知整体车身距离,且需要估计逆透视变换中丢失的信息,会导致误差增大。

单目成像过程中,在相机坐标到图像坐标映射过程中,会有像素的深度距离信息丢失现象。相机的外参旋转矩阵和平移矩阵可由相机标定过程得到。外参可将世界坐标系与相机坐标系对齐,它包含了世界坐标系原点和相机坐标系原点之间的位移参数。基于前车和本车处于同一路面水平面这一前提条件,利用该参数,可求出对应道路平面像素点的尺度缩放因子,实现基于点的逆透视测距。

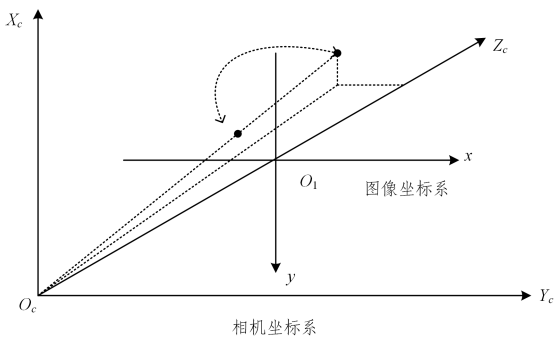


图7 相机坐标系和图像坐标系

Fig. 7 Camera coordinate system and image coordinate system

本文逆透视测距原理如下:

相机内参矩阵如式(18)所示:

$$\mathbf{K}_{3 \times 3} = \begin{pmatrix} f/d_x & r & u_0 \\ 0 & f/d_y & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (18)$$

其中, f 为相机焦距, d_x 是相机横向单位像素的物理尺寸, d_y 是相机纵向单位像素的物理尺寸, u_0 和 v_0 是像素坐标系中图

像坐标系原点的像素位置, r 是内参矩阵因子。

设世界坐标系中的坐标点 (X_w, Y_w, Z_w) , 对应像素坐标系中的坐标点 (u, v) , 可得式(19):

$$\mathbf{Z}_C * \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} = \mathbf{K}_{3 \times 3} * \begin{pmatrix} R_{3 \times 3} & T_{3 \times 1} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{pmatrix} \quad (19)$$

进而可得:

$$\mathbf{Z}_C \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} = \mathbf{K}_{3 \times 3} * \begin{pmatrix} R_{3 \times 3} & T_{3 \times 1} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{pmatrix} \quad (20)$$

通过单应性矩阵原理以及对应点,可得相机参数矩阵 $P_{3 \times 4}$ 。

由车辆下边沿信息 $R(x_1, y_1, x_2, y_2)$ 和上式可得测距关键点像素坐标 $E(x, y)$:

$$\begin{cases} x = \frac{R(x_1) + R(x_2)}{2} \\ y = \frac{R(y_1) + R(y_2)}{2} \end{cases} \quad (21)$$

令 $Z_C = S$, S 为尺度缩放因子,可得:

$$\mathbf{S} * \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} = \mathbf{K}_{3 \times 3} * \begin{pmatrix} R_{3 \times 3} * \begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{pmatrix} + T_{3 \times 1} \end{pmatrix} \quad (22)$$

由车辆下边沿位置先验,得 $Z_w = 0$, 将 $Z_w = 0$, $(u, v) = E(x, y)$ 代入式(22)可得 $S = S_0$, 进而得出:

$$\begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{pmatrix} = \mathbf{S} * \mathbf{R}_{3 \times 3}^{-1} * \mathbf{K}_{3 \times 3}^{-1} * \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} - \mathbf{R}_{3 \times 3}^{-1} * T_{3 \times 1} \quad (23)$$

将 $Z_w = 0$, $(u, v) = E(x, y)$, $S = S_0$ 代入式(23),可得矩阵

$$\begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ 0 \end{pmatrix}, (X_w, Y_w) \text{ 即为车辆纵向和横向物理距离。}$$

3 实验测试及结果分析

3.1 实验环境配置

本文模型的训练实验机器的操作系统版本为 Windows11, 本文实验平台的硬件环境 CPU: Intel(R) Core(TM) i9-12900H, GPU: NVIDIA GeForce RTX 3060 6GB. 软件环境为 Python3.7, CUDA11.1, CUDNN8.5.0, Pytorch1.10.0。

3.2 算法性能验证

本文设计了3组对比实验来综合验证改进后算法的测距精度,第一组实验为改进后算法在不同距离下的测距精度,第二组实验为改进后算法在测量不同车型时是否存在测距误差,第三组实验为改进后算法在前车存在 x 轴偏移时是否存在测距误差。

(1)不同距离下测距精度对比

采用等差情况下测距对比的方法,固定摄像头高度距离地面 1.2m, 分别拍摄距离目标车辆 10m, 15m, 20m, 25m, 30m, 35m, 40m, 45m, 50m 共 10 组图片。实验的部分结果如图 8 所示,详细结果如表 1 所列。



图 8 改进前后测试结果对比

Fig. 8 Comparison of test results before and after improvement

本文以网络 YOLOV5 为车辆检测模型,分别使用基于小孔成像的测距方法和本文提出的基于检测框下边沿中心点的测距方法进行测距实验。在上图中,左侧图片为改进前测距结果,右侧图为改进后测距结果,图中汽车粉红色框为车辆检测框,检测框右上角的信息从左到右依次为类别、置信度数值、与摄像机的距离。从图中可以较为直观地看出改进后的测距方法测量结果更为准确。

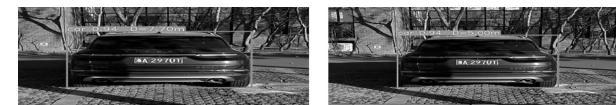
测距结果为 5.06 m。对中型汽车的测距结果为 5.00 m,改进后算法的测距误差相对于改进前算法较小且不同车型测距结果基本一致。实验结果表明,本文提出的测距方法可以避免车型大小带来的较大的测距误差问题。

表 1 测距方法改进前后测距误差对比

Table 1 Comparison of ranging errors before and after improvement

真实距离/m	改进前测距/m	改进后测距/m	改进前误差/%	改进后误差/%
10	11.20	11.09	1.8	0.8
15	15.61	15.45	4.0	3.0
20	21.02	20.82	5.1	4.1
25	25.75	25.50	3.0	2.0
30	31.21	30.91	4.0	3.0
35	36.79	36.43	5.1	3.0
40	39.23	39.62	-1.9	0.9
45	46.82	46.36	4.0	3.0
50	51.50	51.00	3.0	2.0

从表中可以看出,改进前误差绝对值在 1.8%~5.1%之间,改进后误差绝对值在 0.8%~4.1%之间,误差下降了 1.0%~1.9%。实验证明,改进后的测距方法在前车距离测量上精度更高。



(a)改进前算法中型汽车测距

(b)改进后算法中型汽车测距



(c)改进前算法小型汽车测距

(d)改进后算法小型汽车测距

图 9 改进前后测试结果对比

Fig. 9 Comparison of test results before and after improvement

(3)同车辆不同位置实验对比

为验证本文算法综合考虑 X 轴分量后测距的有效性,设计以下理论测距实验,如图 10 所示。

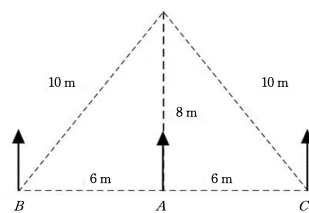


图 10 X 轴测距实验

Fig. 10 X-axis ranging experiment

(2)同距离不同车型测距精度对比
为验证本文改进的测距方法可以避免车型大小带来的测距误差,设置固定距离 5 m 拍摄车型大小不同的一组数据,并分别使用改进前和改进后算法得到测距结果,如图 9 所示。从图中可以看出,改进前算法对小型轿车的测距结果为 6.36 m,对中型汽车的测距结果为 7.70 m;改进后算法对小型轿车的

图中,A,B,C点分别表示在车辆的正后方8m处、A点左移6m处、A点右移6m处朝正前方拍摄采集画面,理论测量距离应分别为8m,10m,10m。使用本文算法进行测距后得出结果如图11所示。



图11 改进前后测试结果对比

Fig. 11 Comparison of test results before and after improvement

从图中可以看出,位于前左后方时测距结果为10.38m,位于前正后方时测距结果为7.97m,位于前右后方时测距结果为10.55m。测距结果基本符合理论距离。实验证明,本文提出的测距方法可以综合考虑到X轴分量,因此测距结果更加准确。综上所述,本文提出的基于检测框下边沿中心点的测距方法,可以提高测距精度,并有效地避免车型大小带来的误差问题,同时可以综合考虑到前车相对后车存在X轴偏移的情况,测距的精确度明显提高。

结束语 本文提出了一种基于检测框下边沿中心点的YOLOV5单目视觉测距算法,首先设置了为了确定车辆所处的位姿以进行车辆关键点估计的变量 λ ,建立了基于检测框下边沿中心点的YOLOV5单目测距模型,以有效减小由于前车的车型大小不同而带来的测距误差以及由于前车存在X轴偏移量而产生的测距误差,并通过逆透视变换模型有效减小了前向车辆的测距误差。

基于本文提出的单目视觉测距算法在车辆测距任务上的优点,可以结合目标检测算法,在实际应用中实现前车碰撞预警、道路情况监测、交通智能调度等功能。但由于车辆测距应用于户外,难免会出现逆光导致图像模糊以及受到恶劣天气等影响,此类情况将可能导致测距误差,此问题将是后续研究工作的重点。

参考文献

[1] Nbs. China Statistical Yearbook 2020[M]. Beijing:China Statistics Press,2020.

[2] WU X D,ZHAO D. Analysis of influencing factors of collision types in road traffic accidents[J]. Journal of Chinese Public Security University(Natural Science Edition),2022,28(3):11-13.

[3] JIANG Z,LI X Y,LI Y,et al. Design and Implementation of Ur-

ban Road Vehicle Detection Method Based on YOLOv5s[J]. Computer Knowledge and Technology,2023,19(3):19-21.

[4] DEVI G,KUMAR M. Experimental study of the local scour around the two piers in the tandem arrangement using ultrasonic ranging transducers[J]. Ocean Engineering,2022,12(5):141-162.

[5] XU X B,ZHANG H,LUO M Z. Research on target echo characteristics and ranging accuracy for laser radar[J]. Infrared Physics & Technology,2019,1(6):121-160.

[6] GAO X B,XIE L. A scheme to detect the intensity of dusty weather by applying microwave radars and lidar[J]. Science of The Total Environment,2023,2(16):221-223.

[7] YANG G Q,YU Y,SUN Z Y. Radiometric calibration algorithm for high dynamic range infrared imaging system[J]. Infrared Physics & Technology,2023,5(12):171-187.

[8] YAN C,HE N. Design of water surface environment monitoring system based on visual sensing imaging[C]// Proceedings of 2018 Optical Technology and Application Symposium and Interdisciplinary Forum. Shanghai Society of Infrared and Remote Sensing,2018:92-101.

[9] MAO X W. Research on visual ranging of front car based on deep learning[J]. Automotive Practical Technology,2021,46(24):15-21.

[10] HAN Y X,ZHANG Z S,DAI M. Monocular visual measurement method for target ranging[J]. Optics and Precision Engineering,2011,19(5):1110-1116.

[11] LIAO Y Q,YANG S H. Ranging accuracy improvement by using a spiral phase plate in a time-of-flight underwater lidar system[J]. Optics & Laser Technology,2023,8(7):126-133.

[12] WANG W B. Research on real-time ranging method based on monocular vision[D]. Dalian:Dalian University of Technology,2014.

[13] XIANG Z L,MA B C. Research on monocular visual ranging method based on imaging size change[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering,2020,41(2):148-151.

[14] WANG J T,YE X F,LIU Y S,et al. Underwater self-supervised monocular depth estimation and its application in image enhancement[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence,2023,8(9):207-215.

[15] BRUCE J W,EVANS B. Detecting Binocular Vision Anomalies in Primary Eyecare Practice[M]. London:Pickwell's Binocular Vision Anomalies(Sixth Edition),2022.

[16] MAO X W. Research on visual ranging of front car based on deep learning[J]. Automotive Practical Technology,2021,46(24):64-67.

[17] TUOHY S,JONES E. Distance determination for an automobile environment using inverse perspective mapping in OpenCV[C]//Proceedings of IET Irish Signals and Systems Conference. 2018:100-105.



LIU Hongli, born in 1975, associate professor. His main research interests include embedded systems and intelligent automation devices.