

基于单目视觉测量运动物体速度的研究

巴全科 傅成华 艾茜苴 李 云

(四川理工学院自动化与信息工程学院 自贡 643000)

摘要 为了实时准确地测出运动物体的速度,提出了一种基于单目视觉测量运动物体速度的方法。该方法采用便携式摄像机对运动小球进行视频采集,以 VS2010 平台下的开源库 OpenCV 为开发平台,利用帧差法对运动目标进行检测。所设计的测速算法能够实现运动小球的水平速度和垂直速度的检测。实验证明,所提测速方法能有效地测出运动物体的速度,且准确度比较高。

关键词 单目视觉,摄像机,Open CV,帧差法

中图分类号 TP242.6+2 **文献标识码** A

Research on Measurement of Moving Objects' Velocity Based on Single Hand-eye Vision

BA Quan-ke FU Cheng-hua AI Xi-ju LI Yun

(School of Automation & Information Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract In order to accurately measure the velocity of moving object in real time, this paper presented a method for measuring the velocity of moving objects based on single hand-eye vision. In this method, a portable camera is used to capture the moving ball, taking VS2010 platform OpenCV as the development platform, and moving object detection based on frame difference method is realized. In this paper, the velocity measurement algorithm can realize the detection of the horizontal velocity and vertical velocity. Experiments show that this method can effectively measure the velocity of moving objects with high accuracy.

Keywords Single hand-eye vision, Portable camera, Open CV, Frame difference method

1 引言

目前,测量运动物体速度的主要方法有激光测速^[1]、雷达测速^[2]、视频测速^[3]等。激光测速是对运动物体在两次时间间隔内进行激光测距,得到运动物体在这一个时段内的位移,然后计算出运动物体的速度。雷达测速用到了多普勒效应原理,通过接收反射波频移量,计算出被测物体的运动速度。激光测速和雷达测速在测速过程中对角度要求比较高,实际应用中存在一定的局限性。现在基于视频测速方法主要应用于车道上方对车辆进行测速。文献[4]提出当车速变快或车尾纹理不丰富时会使得图像匹配存在误差,甚至出现误匹配,从而影响车辆速度测量的准确性。文献[5]提出了运用 Harris 角点检测车辆速度,但是其准确性与特征点的选择和匹配有很大的关系,在测速方面运用到的特征点提取的稳定性和有效性仍有待提高。文献[6]提出了一种基于运动模糊效应的图像测速方法,但该方法测速精度不够高,摄像机镜头的放大灵敏度受到飞机高度的影响。

基于图像处理来测量物体运动速度有多种方法,有些方法需要多个摄像机从不同角度采集运动物体的信息,通过对图像中运动目标的识别,采用某种运动目标提取算法对运动目标进行提取,从而计算出运动物体的速度。文献[7]利用双目立体视觉来测量运动物体的速度,由于系统标定和摄像机不同步等原因都会影响测量的精度,因此采用双目视觉对运

动物体测速,但其操作起来比较复杂,且成本较高。

本文基于单目视觉实时地识别运动物体并检测物体的速度。摄像机采集的视频信息可以划分为很多帧,通过每帧的信息提取出运动物体。在视频序列图像中对运动目标的检测方法有:帧差法^[8]、背景减法^[9]、光流法^[10]等。帧差法是将相邻两帧图像相减,判定对应像素灰度值有无变化,从而得到运动目标,该方法计算简单,实现起来非常容易。背景减法需要先建立背景模型,然后将每一帧同背景模型进行比较,减去所得到的偏差就是运动区域。背景模型的建立是背景减法的核心,背景模型要尽可能反映出现实的场景。由 Friedman 和 Russell 提出的混合高斯理论被广泛运用于背景建模中。光流法在摄像机移动的同时也能检测出运动的目标,但光流法的缺点是计算复杂,并且对噪声非常敏感。

文献[4-5]的测速对象是小车,且摄像头只有固定在车道上方,在一个固定的角度才能比较准确地检测出汽车的运动速度。而本设计选取的检测对象是小球,分别对小球的水平运动和垂直运动速度进行检测,实现过程如图 1 所示。首先采集小球运动时的视频并将实时视频转换成帧,通过帧差法将移动的物体提取出来,然后利用边缘检测算法分析边缘,最后运用形状检测的判别条件来选取目标形状,用已经存储的物体测量值和所测物体大小进行比较,所测物体大小从特定的距离选取。从视频中选下一个帧,并确定物体在这一帧中的位置,然后计算出这些帧中物体的位移。不同帧的时间

和位移分别为 Δt 和 Δd ,从而可计算出物体的速度为:

$$v = \Delta d / \Delta t \tag{1}$$

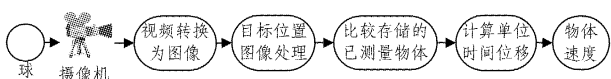


图1 实现过程

2 运动目标检测

在光流法、背景减法和帧差分法等运动目标检测方法中,光流法计算量大,运算比较复杂,抗噪声能力差,在实时处理过程中对硬件要求高,通常不在实时系统中使用;背景减法计算简单,能够获取运动目标的完整信息,但是背景建模要求高,易受光照突变的影响,从而引起较大的检测误差^[11],同时背景的更新会使算法变得更加复杂,实时性变差;帧差法的计算量小,对硬件要求不是很高,易于实现,能够在帧频很高的情况下检测出运动目标。综合考虑,本文选择帧差法对运动目标进行检测。

设 $f_n(x, y)$ 是第 n 帧图像, $f_{n-\tau}(x, y)$ 是第 $n-\tau$ 帧图像, τ 为差分帧的间隔,两帧差的表达式为:

$$D_n(x, y) = |f_n(x, y) - f_{n-\tau}(x, y)| \tag{2}$$

对两帧差值 $D_n(x, y)$ 二值化:

$$R_k(x, y) = \begin{cases} 1, & D_n(x, y) > T \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \tag{3}$$

其中,二值化阈值 T 由实际场景决定。统计学有一种方法来选择阈值,但是该方法使像素分散超过了标准偏差的 3 倍^[12]。本文按如下方法来计算阈值:

$$Tu = \pm 3\delta \tag{4}$$

其中, u 表示不同的帧, δ 表示不同帧之间的偏差。帧差法的流程如图 2 所示。

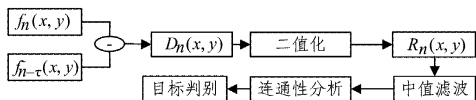


图2 帧差法流程图

在利用帧差法检测运动目标的过程中,图像中只显示运动的部分,静止的部分在图像中被消除。由于二值化的图像带有噪声,本文采用中值滤波^[13]来抑制图像中的噪声。中值滤波首先要选取图像中某一邻域,并对邻域中的每一像素排序,该邻域周围所有像素用一个中间值代替。

设某邻域内的 n 个数为 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, 对其进行排序:

$$x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots \leq x_n \tag{5}$$

若 x 是该邻域所有像素 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ 的中间值,则:

$$x = \text{Med}\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\} = \begin{cases} x_{\frac{n+1}{2}}, & n \text{ 为奇数} \\ (x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1})/2, & n \text{ 为偶数} \end{cases} \tag{6}$$

中值滤波在抑制了噪声的同时并没有破坏图像的边缘信息,能够很好地抑制椒盐噪声,且能够使其他非冲激噪声变得更加平滑。

3 测速系统的算法实现

本文所采用的测速系统是用单个摄像头来采集运动物体

的视频,并以 VS2010 平台下的开源库 Open CV 为开发平台来实现运动的物体速度检测。首先,将所采集的视频划分成很多帧,分别选取前一帧、当前帧和后一帧,前一帧和当前帧运用帧差法,同时当前帧和后一帧也运用帧差法实现运动目标的检测。采用 sobel 边缘检测算法获取图像的边缘信息,然后运用形状检测的判断条件来选取目标形状。如果形状检测条件为真,则允许图像中目标形状显示出来;否则不允许任何形状显示出来。将显示的图像转换成二值图像,并设置阈值,把低于像素的阈值设为 0,高于像素的阈值设为 1。最后选取两帧的交叉点,给出图像中运动目标的部分。其中,在对图像进行二值化处理后,要移除图像中的小目标,以免这些小目标产生干扰而导致对运动目标测速的不准确性。运动物体测速算法的实现流程如图 3 所示。

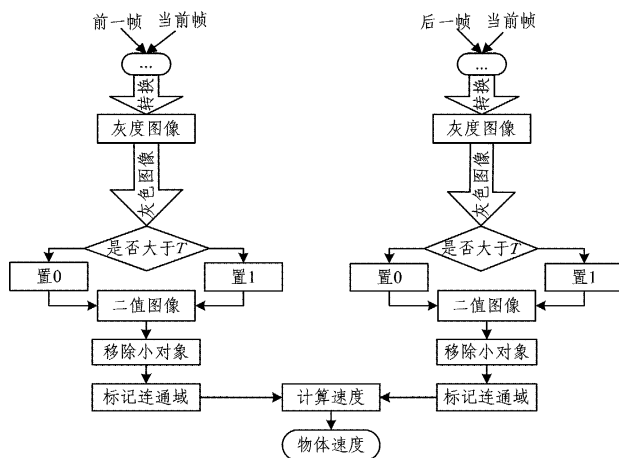


图3 运动物体测速算法流程图

4 实验和结果分析

本文首先将乒乓球作为实验对象,在球台上采集乒乓球运动的视频,通过测速系统进行实验后,乒乓球在当前运动状态的速度和距离在图像上显示出来。本实验中,测量的是乒乓球的水平运动,即球的运动方向和相机镜面平行。图 4 给出了乒乓球的运动状态和在该状态下乒乓球的运动速度,同时,乒乓球运动的距离也被检测出来。在图像右边设置了一个清除键来复位乒乓球的速度和位移。

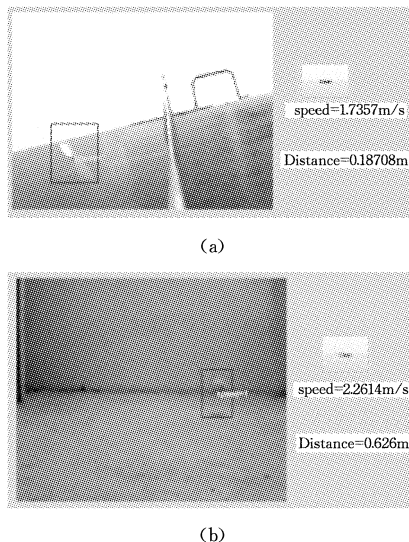


图4 不同状态下的速度

我们用网球做了进一步实验。将网球朝墙壁扔出去,网球朝着摄像机反弹回来。在某一时刻检测到网球的速度如图 5 所示,球在该时刻的运动速度和运动位移显示在图的右边,其中所测球的运动方向与摄像机的镜面垂直。图像中有一个清除键来复位速度和距离,同样,远距离运动的物体速度也能够检测出来。

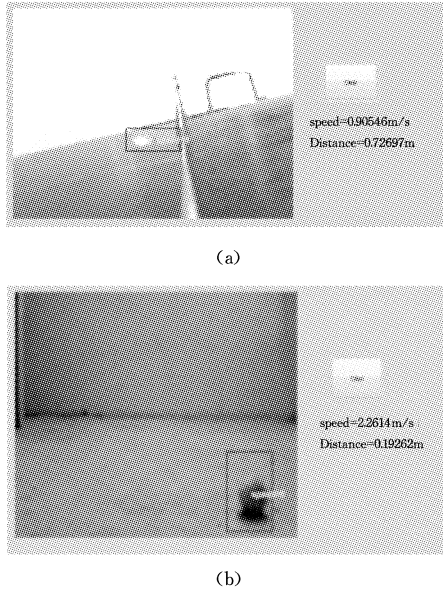


图 5 网球速度

为了验证本文设计的测速系统的准确性,进行进一步实验。首先人为选取特定的距离,分别用单目测试系统和人为测速的方法对网球的平均速度进行测量。表 1 是单目测速系统和人为测速对网球平均速度测量的比较。在用单目测速系统对球进行测速的同时,用秒表记录网球运动到某一位置的时间 t ,并测出其位移 s ,通过计算得出速度为 $v=s/t$ 。最后计算出单目视觉测速和人为测速的误差。经过反复实验,将所测结果记录在表 1 中。通过比较发现,本文所设计的单目视觉测速方法的准确性比较高。

表 1 单目测速和人为测速的比较

位移/m	时间/s	计算速度/(m/s)	单目测速/(m/s)	偏差/%
1.5	0.4	3.75	3.6726	7.7
2.0	2.0	1.00	1.1024	10.0
3.0	1.4	2.14	2.2416	10.2
1.5	0.6	2.50	2.463	3.7
2.0	1.7	1.17	1.322	15.2
3.0	0.7	4.28	4.102	7.8

结束语 本文研究的是基于单目视觉来检测运动小球的

速度,该方法可以在任何角度的可视范围内测量出运动小球的速度。通过比较单目测速和人工测速,两种测速方法的偏差基本上在 10% 以内,这说明本文设计的测速方法的准确性比较高。运用图像处理的方法来进行测速非常新颖,具有单个摄像头的手持设备能够实现对运动物体的实时检测,目前视频测速主要应用于交通领域的车辆测速中。将来可以将这种测速方法运用在手机上,安卓系统能够支持 Open CV 库函数的运行,利用手机就可以随时随地检测周围物体的速度;同样,也可以将该方法应用在智能汽车和机器人领域。

参考文献

- [1] 周志广,雷彬,李治源. 对射式激光测速系统设计与实现[J]. 计算机测量与控制,2011,19(1):36-38.
- [2] 李宏伟. 雷达测速传感器及其测试系统研究[D]. 武汉:华中科技大学,2013.
- [3] 王命延,朱明峰,王昊. 机动车视频测速中关键技术的研究与实现[J]. 计算机工程,2006,32(5):198-201.
- [4] 陈媛媛,柴治. 基于视频检测的车辆测速方法[J]. 现代电子技术,2009,32(23):185-188.
- [5] 徐伟,王朔中. 基于视频图像 Harris 角点检测的车辆测速[J]. 中国图象图形学报,2006,11(11):1650-1652.
- [6] XU C, LIU Y C, QIANG W Y, et al. Image velocity measurement based on motion blurring effect [J]. Infrared & Laser Engineering, 2008, 37(4): 620-625.
- [7] 蔡寿祥. 基于双目立体视觉的车辆测速系统[D]. 成都:电子科技大学,2013.
- [8] SENGAR S S, MUKHOPADHYAY S. Moving object detection based on frame difference and W4 [J]. Signal Image & Video Processing, 2017(16):1-8.
- [9] BENEZETH Y, JODOIN P M, EMILE B, et al. Comparative study of background subtraction algorithms [J]. Journal of Electronic Imaging, 2010, 19(3):033003.
- [10] 柴毅,阳小燕,尹宏鹏,等. 基于运动区域检测的运动目标跟踪算法[J]. 计算机应用研究,2010,27(12):4787-4789.
- [11] HUANG S C. An advanced motion detection algorithm with video quality analysis for videosurveillance systems [J]. International Journal of Advanced Research in Computer Science, 2011, 21(1):1-14.
- [12] ZHAN C, DUAN X, XU S, et al. An improved moving object detection algorithm based on frame difference and edge detection [C] // International Conference on Image and Graphics. IEEE Xplore, 2007:519-523.
- [13] 刘国宏,郭文明. 改进的中值滤波去噪算法应用分析[J]. 计算机工程与应用,2010,46(10):187-189.