

基于机器视觉的地铁站点客流检测系统设计

郑凯,王娟娟,谢国坤,王冠军
(西安交通工程学院,陕西 西安 710300)

摘要:以提高复杂环境下地铁站点客流检测的有效性为目标,设计一种基于机器视觉的实时在线客流检测系统。确定客流检测的方案,明确摄像机具体的安装位置,分析其安装高度、摄像机视角与水平俯视角度的关系,以获取高质量的检测图像。对采集的客观图像进行背景提取与更新,运用背景帧差法对图像进行二值化处理,同时以形态学理论为基础对图像进行降噪处理,提取图像中更加完整的运动目标轮廓。通过对人物像素点的分析与统计,实现目标的跟踪,记载目标跟踪数据,统计客流数量,并在 Python 环境中开发了相应的客流检测软件系统。实验结果表明,本系统检测率高于 90.00%。

关键词:机器视觉;地铁站点;客流检测;应用研究

中图分类号:TP274 文献标志码:A 文章编号:1671-5276(2021)04-0156-03

Design of Subway Station Passenger Flow Detection System Based on Machine Vision

ZHENG Kai, WANG Juanjuan, XIE Guokun, WANG Guanjun
(Xi'an Traffic Engineering Institute, Xi'an 710300, China)

Abstract: In order to improve the effectiveness of passenger flow detection at subway stations in complex environment, a real-time online passenger flow detection system based on machine vision is designed. The scheme of passenger flow detection is determined, the specific location of camera installation is clarified, and the relationship between the installation height, camera angle and horizontal viewing angle is analyzed to ensure the quality of image acquisition. The background of the collected objective image is extracted and updated, and the image is binarized by background frame difference method. Meanwhile, the image is denoised on the basis of morphological theory to extract the more complete moving target contour in the image. Through the analysis and statistics of character pixels, the target tracking is realized with its data being recorded, the number of passenger flow is counted, and the corresponding passenger flow detection software system is developed in the Python environment. The experiment result shows that the detection rate of this system is higher than 90.00%.

Keywords: machine vision; subway station; passenger flow detection; application research

0 引言

当前,随着城市轨道交通技术的发展,地铁作为人们日常出行的重要交通工具,在缓解城市交通压力、促进区域经济发展等方面发挥着重要作用。而地铁客流作为影响城市轨道交通运行与布局的重要因素,客流的有效检测对城市轨道交通的整体布局与客运调度起着十分重要的作用。传统的红外检测、大数据分析等^[1-3]方法,易受外部环境或个别样本误差的干扰而造成较大的检测误差。本文基于机器视觉技术,从客观事物的图像中获取有用信息,并对采集的图像进行背景提取、阈值分割、降噪处理,通过对人物像素点的提取与统计,完成对地铁站点客流的检测。机器视觉不仅排除了人为主观因素的干扰,同时降低了外部环境及个别样本误差对整个检测结果的影响,提高了检测精度与效率,因此具有一定的应用价值。

1 客流检测的方案设计

本客流检测系统将摄像装置安装于客流较为集中、客流速度较为缓慢的地铁站点进站检票口正上方,其分布与结构如图 1 所示。

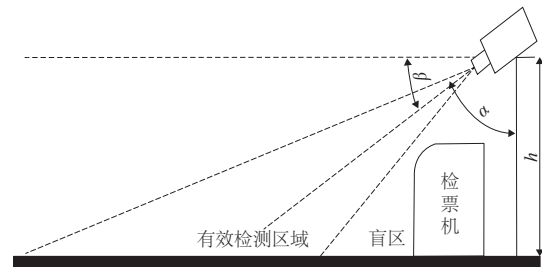


图 1 检测系统的布局

摄像机的选择和安装决定了所获取图像的质量,故选

基金项目:陕西省教育厅科研计划资助项目(20JK0743)

第一作者简介:郑凯(1986—),男,陕西西安人,工程师,硕士,研究方向为机械自动化、控制工程。

择了稳定性高的工业摄像机。设摄像机安装高度为 h , 摄像机视角为 α , 安装时摄像机的水平俯视角为 β 。

为了能够有效覆盖整个检票通道, 获取足够的目标信息, 摄像机安装的水平俯视角 β 与摄像机视角 α 的关系应基本满足^[4-5]下式:

$$\beta = \frac{1}{2}\alpha + (0^\circ \sim 5^\circ) \quad (1)$$

由式(1)可知, 摄像机视角 α 的取值约为 50° , 摄像机的水平俯视角 β 取值约为 40° 。同时, 由于地铁站点内部的空间高度一般在 $4 \sim 5 \text{ m}$, 因此摄像机安装高度 h 与地铁站点内部的空间高度基本相同, 即可满足检测需求。

2 检测系统的图像处理

1) 背景的提取与更新

对客流目标进行检测的过程中, 良好的图像背景是进行目标识别的重要基础。通过背景提取有效地区分了检测目标与图像背景间的范围。本文采用了算术平均法^[6-7]提取背景图像, 即在特定的时间区间内取像素点亮度与色彩信息的平均值, 并以这个均值作为背景图像对应像素点的值, 进而达到滤除背景图像中突变噪声点的目的, 其数学模型如下^[8-9]:

$$B(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i(x, y) \quad (2)$$

式中: $B(x, y)$ 表示背景图像; $I_i(x, y)$ 表示第 i 帧序列图像; N 表示平均帧数。

选取 $N=60$, 并进行 MATLAB 仿真, 从序列图像的第 1、20、40、60 帧可以看出, 在第 1 帧至第 60 帧存在少量的检测目标, 如图 2 所示。文中利用算术平均法对连续 60 帧的值进行计算, 得到了背景图像, 如图 3 所示。

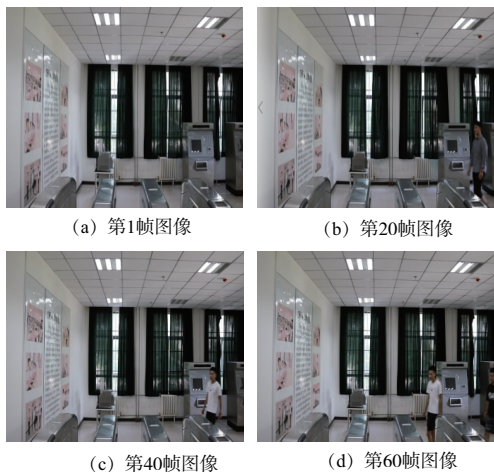


图 2 相应各帧的图像



图 3 算术平均法提取的背景图像

由图 2、图 3 可知, 采用算术平均法获得了较高质量的背景图像。同时, 由背景提取获取的图像可以作为新的信息量, 参与到新一轮的统计平均或加权平均之中, 进而实现了背景的自适应更新。因此采用算术平均法提取背景图像满足本文的需求。

2) 图像的二值化处理

在实际应用中, 摄像机多处于固定状态。因此, 假设摄像机固定且只对视场内的目标进行检测, 离开视场后再次进入的物体则视为新目标。本文采用了背景帧差法^[10-11]进行目标图像的检测。若设二维数字图像的平面坐标为 (x, y) , 则基于背景帧差法的二值化数学模型为:

$$Di(x, y) = |Ii(x, y) - Bi(x, y)| \quad (3)$$

$$Mi(x, y) = \begin{cases} 1 & Di(x, y) > T \\ 0 & Di(x, y) \leq T \end{cases} \quad (4)$$

式中: $Ii(x, y)$ 为图像序列中当前帧的灰度图像; $Bi(x, y)$ 为当前帧背景的灰度图像; $Mi(x, y)$ 为相减后的二值化结果; T 为相减后灰度图像的阈值。

由于地铁站点的内部环境较为稳定, 基本不受外部环境等因素的干扰。因此选取了固定阈值 $T=20$, 并进行了 MATLAB 仿真, 其图像处理的结果如图 4 所示。

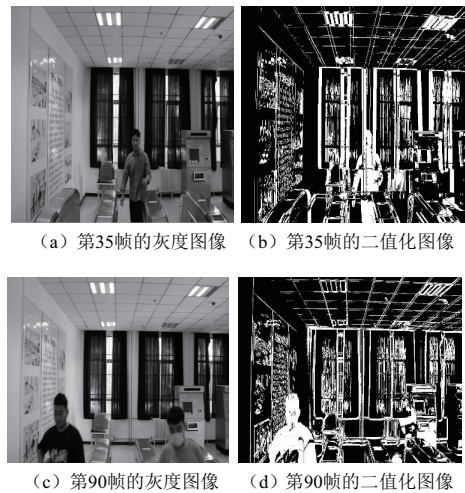


图 4 背景帧差后的图像

由图 4 可知, 背景帧差法有效地检测出了运动目标, 并在一定程度上对噪声起到了抑制作用。同时由图 4 可知, 背景帧差法虽然较为清晰地获取了人物的轮廓, 但在复杂背景中依然存在一定数量的噪声点。因此, 还需要对背景帧差后得到的二值化图像进行降噪处理。

3) 图像的形态学滤波

由图 4 可知, 背景中存在物体小幅度晃动、光线变化以及戴有口罩等不确定性的因素, 这些因素使检测图像产生了较多的噪声点。本文对背景差分后的二值化图像进行了形态学滤波^[12], 采用了腐蚀法, 通常 X 被 B 腐蚀的定义为

$$X \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\} \quad (5)$$

式中: X 为图像矩阵; B 为结构元素矩阵。

在进行数学形态学运算时, 用 B 对 X 进行操作。其图像的形态学滤波结果如图 5 所示。

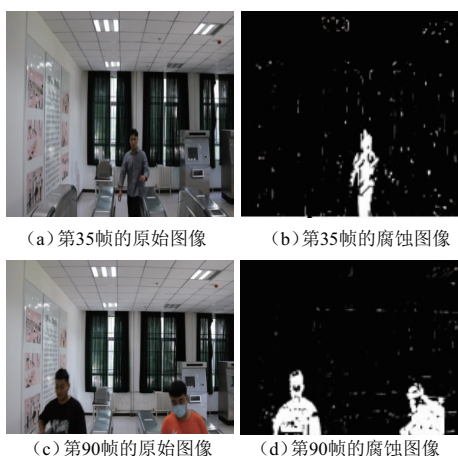


图5 形态学滤波后的图像

由图5可知,通过对背景帧差法得到的二值化图像进行形态学滤波进一步降低了噪声的干扰,并获得了更加清晰的人物整体轮廓,并为后续检测软件的设计提供了有效的人物像素点信息。

3 检测系统的设计与结果分析

1) 检测软件的设计流程

本文基于背景帧差的客流检测算法进行了客流检测的软件设计。客流检测的软件设计流程如图6所示。

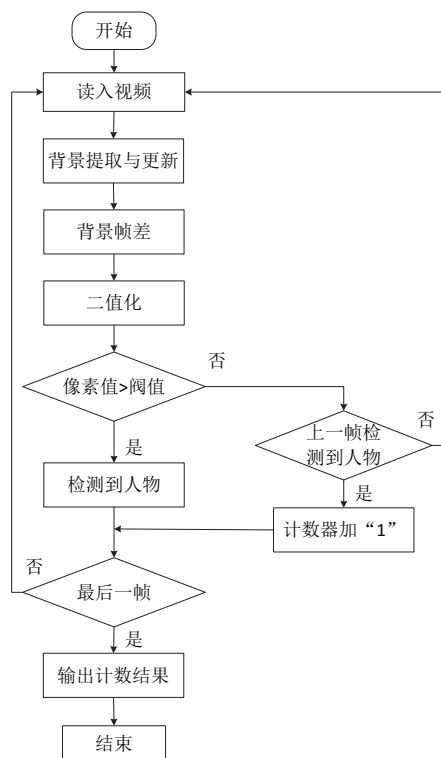


图6 客流检测的软件设计流程

2) 检测系统的软件设计

本文利用 Python 环境^[13]开发了相应的客流检测软件,通过对人物像素点的分析与统计完成客流检测。客流

检测软件界面如图7所示。



图7 客流检测软件界面

4 检测实验与结果分析

1) 客流检测实验

以图7客流检测软件为基础导入实验视频,部分检测结果分别如图8、图9所示。



图8 客流较分散时的检测画面



图9 客流较集中时的检测画面

由图8、图9可知,通过客流检测软件,实现了对实验样本中人物信息的检测。

2) 实验结果分析

基于客流检测系统,在进行多次实验的基础上,对检测数据进行了统计。客流检测的实验结果如表1所示。

表1 客流检测的实验结果

实验次数	检测时间/s	实际人数/人	客流人数的统计	
			检测人数/人	漏检率/%
1	300	8	8	0
2	350	15	15	0
3	400	20	18	4
4	450	30	27	5

由表1的实验结果可知,在面对少量实验样本(人数)时检测率较高,而随着检测样本(人数)的增加,在检测过程中虽出现了一定的漏检现象,但通过实验表明本系统能够有效获取目标信息,检测率高于90.00%,达到了设计目标。

(下转第186页)

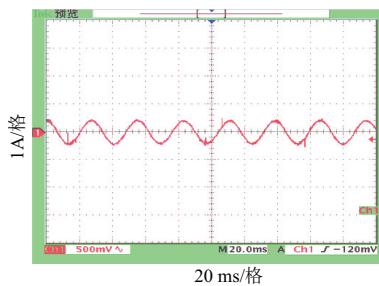


图6 PMSM 空载稳定运行时 A 相电流

可以得出,电机在稳定运行后的 27 s 加载和 35 s 卸载过程中,转速能够迅速地恢复到稳定状态,具有较强的鲁棒性。

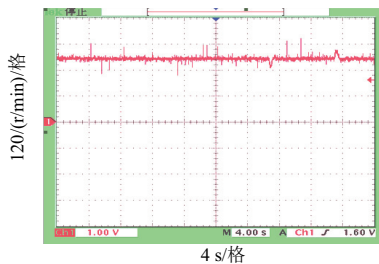


图7 PMSM 稳定运行时加载减速度波形

5 结语

本文针对永磁同步电机控制中存在的随机扰动、控制

增益大等问题,提出了一种 PMSM 最优滑模速度控制方法,该方法以非线性扰动观测器为基础,实现了最优控制和滑模控制的有效结合,使电机控制过程中的超调现象和启动性能得到了较大改善。同时针对随机扰动问题设计了基于 NDOB 的滑模观测器,通过对系统的前馈补偿,有效降低了随机扰动影响。

参考文献:

- [1] 白雪宁,杨向宇,赵世伟. 基于负载观测器的 PMSM 分数阶滑模位置控制[J]. 机械制造与自动化,2020,49(2):170-173.
- [2] 牛里,杨明,刘可述,等. 永磁同步电机电流预测控制算法[J]. 中国电机工程学报,2012,32(6):131-137.
- [3] 周涛. 永磁同步电机调速系统的自抗扰控制[J]. 光学精密工程,2016,24(3):582-589.
- [4] YANG J,LI S H,CHEN W H. Nonlinear disturbance observer-based control for multi-input multi-output nonlinear systems subject to mismatching condition [J]. International Journal of Control,2012,85(8):1071-1082.
- [5] YANG J,ZOLOTAS A,CHEN W H,et al. Robust control of nonlinear MAGLEV suspension system with mismatched uncertainties via DOBC approach[J]. ISA Transactions,2011,50(3):389-396.
- [6] 肖海峰,刘海龙,贺昱曜. PMSM 的线性滑模变结构直接转矩控制研究[J]. 电气传动,2014,44(5):35-39.
- [7] 钱荣荣,骆敏舟,赵江海,等. 永磁同步电动机新型自适应滑模控制[J]. 控制理论与应用,2013,30(11):1414-1421.

收稿日期:2020-07-17

(上接第 158 页)

5 结语

本文以城市轨道交通客流检测为背景,以准确识别与检测客流为目标;以机器视觉技术为手段;以客观图像为研究对象。通过背景提取与更新、二值化、降噪、滤波与增强,获取了客观人物整体像素点信息。利用 Python 环境开发了相应的客流检测软件,并将其用于客流检测。最终通过对检测软件结果的分析,证明所设计的客流检测系统能够在复杂背景中有效获得人物信息。实验结果表明检测准确率高于 90.00%,达到了本次设计的目标,具有一定的应用价值。

参考文献:

- [1] 张强. 基于深度学习的地铁进站客流检测算法研究[D]. 北京:北方工业大学,2019.
- [2] 徐平. 红外 APC 乘客计数精度改进及公交客流量预测模型研究[D]. 重庆:重庆大学,2008.
- [3] 王爱丽,赵元,王子腾,等. 城市轨道交通客流信息智能检测与管控系统研究与设计[J]. 铁路计算机应用,2020,29(2):68-72.
- [4] 林薇. 基于机器视觉的道路车流量检测方法研究[D]. 沈阳:

沈阳工业大学,2011.

- [5] 陈水酉,何炳蔚,李永凯,等. 基于机器视觉的安全气囊检测系统研究[J]. 机械制造与自动化,2020,49(4):158-161.
- [6] 王爱丽,赵元,王子腾,等. 城市轨道交通客流信息智能检测与管控系统研究与设计[J]. 铁路计算机应用,2020,29(2):68-72.
- [7] DINO I G,SARI A E,ISERI O K,et al. Image-based construction of building energy models using computer vision[J]. Automation in Construction,2020,116:103231.
- [8] 龚松标. 基于自适应特征的复杂场景背景提取[D]. 西安:长安大学,2019.
- [9] 刘钱源,杨欢欢,刘培鑫,等. 基于监控视频的前景目标提取[J]. 数学建模及其应用,2018,7(1):63-71.
- [10] 吴天友,殷志祥. 基于帧差法与中值法的运动目标背景提取算法[J]. 怀化学院学报,2019,38(11):33-35.
- [11] 秦玮,陈希,马原原,等. 基于数学形态学的边缘检测算法分析[J]. 信息技术,2019,43(11):33-36.
- [12] 张天微. 形态学滤波在表面轮廓测量中的应用[J]. 工具技术,2019,53(8):116-118.
- [13] 胡嫣然. 一种基于 Python+OpenCV 的视频处理办法[J]. 计算机产品与流通,2020(8):139,141.

收稿日期:2020-08-17