

# 基于无人机视觉的人体检测跟踪技术研究

马皇特, 贺永杰, 王春梅, 禹密柱, 王江安

(长安大学 信息工程学院, 陕西 西安 710064)

**摘要:** 由于运动人体的随意性、姿态的多样性、人体服饰的差异性,加之可能存在的遮挡等问题,使人体检测存在着一定的难度和挑战。针对固定摄像机监控系统对移动行人检测的局限性问题,对基于空中移动平台小型四旋翼无人机的目标人体检测和跟踪进行了研究。在人体检测方面,利用主成分分析法(PCA)降维后的方向梯度直方图(HOG)特征,由于人体的头肩部在行人运动过程中具有良好的不变性,结合头部和肩部的模板匹配算法,提高了人体检测的准确性。在人体跟踪方面,采用连续自适应的均值漂移算法(CamShift)进行跟踪,当人体被完全遮挡时,容易出现在跟踪过程中丢失目标的情况。利用连续自适应的均值漂移算法与粒子滤波算法相结合,提高了算法的跟踪效果。实验结果表明,人体检测和跟踪具有良好的效果,并且能够满足实时的要求。

**关键词:** 移动平台; 人体检测; 人体跟踪; 模板匹配; 实时

**中图分类号:** TP391

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2018)10-0115-04

**doi:** 10.3969/j.issn.1673-629X.2018.10.024

## Research on Human Detection and Tracking Technology Based on UAV Vision

MA Huang-te, HE Yong-jie, WANG Chun-mei, YU Mi-zhu, WANG Jiang-an

(School of Information Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

**Abstract:** Due to the diversity of human movement posture, the different clothes, and the problem of occlusion, there is a certain difficulty and challenge on human body detection. Aiming at the limitations of the fixed camera monitoring system for moving pedestrian detection, we carry on the research on the detection and tracking of the target human body of the small four-rotor unmanned aerial vehicle (UAV) under the air moving platform. In the human body detection, we use the HOG feature after dimension reduction by PCA to improve the accuracy of human detection in combination with the head and shoulders template matching algorithm because of the better invariance for the human head and shoulders during the pedestrian movement. In the human tracking, we adopt CamShift algorithm for tracking. But when the human body is completely blocked, it is easy to appear in the tracking process to lose the target situation. And the CamShift algorithm combined with particle filter algorithm can improve the tracking effect of the algorithm. The experiment shows that the human body detection and tracking algorithm has excellent detection and tracking effect, and can meet the real-time requirements.

**Key words:** mobile platform; human detection; human tracking; template matching; real-time

### 0 引言

视频的智能监控在现实生活中应用广泛,但是这些固定的摄像头只能拍摄进入当前场所监控的目标,不能跟踪目标以监视移动。针对上述局限性,已有文献提出了不少改进方法。

在人体检测方面, Papageorgiou 等<sup>[1]</sup>将 Haar 小波用于人脸、人体的检测,并通过 Haar 特征的不同来训

练不同的 SVM(支持向量机)分类器; Dalal 等<sup>[2]</sup>提出了基于 HOG 特征的人体检测方法,这种方法通过统计直方图来描述人体的轮廓信息;在人体检测领域中模板匹配算法最著名的是基于轮廓目标的分层匹配算法,该算法是由 Gavrilu 等<sup>[3]</sup>提出的。李建福等<sup>[4]</sup>采用 SVM 分类器对人体 HOG 特征与其他特征相结合的特征进行检测,减少了单独由 HOG 特征检测带来的局

收稿日期: 2017-11-16

修回日期: 2018-03-20

网络出版时间: 2018-05-28

基金项目: 中央高校基本科研专项资金(310824161009); 博士后基金(2015M582589); 广西精密导航技术与应用重点实验室资助项目(DH201711); 陕西省自然科学基金(2017JQ6048)

作者简介: 马皇特(1993-),男,硕士研究生,通信作者,研究方向为图像处理算法;王江安,博士,讲师,研究方向为组合导航、计算机视觉、三维建模。

网络出版地址: <http://cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20180525.1558.038.html>

限性;陈锐等<sup>[5]</sup>为了克服 HOG 特征存在冗余信息多、容易造成误检和漏检的缺点,提出利用 PCA 算法对人体的 HOG 特征进行降维处理后再与局部二值模式特征进行融合,最后使用 SVM 进行分类。周科嘉<sup>[6]</sup>针对人体姿势的不确定性,提出了传统的 HOG 特征结合模板匹配的方法进行人体检测。

在人体跟踪方面:G Jemilda 等<sup>[7]</sup>提出了多种跟踪算法融合的方式来减少计算的复杂性,提高了跟踪的可靠性和准确性;Wang 等<sup>[8]</sup>针对复杂的环境,提出了一种从 Blob 块中提取的几何参数结合 CamShift 算法来检测车辆。李娟等<sup>[9]</sup>提出基于 Kalman 滤波的人体跟踪方法,先通过改进的高斯模型提取背景,再进行人体特征的提取,最后使用 Kalman 滤波对人体的运动进行估计,将检测到的目标与估计结果相匹配。邹依峰等<sup>[10]</sup>针对运动人体尺寸的变化问题,提出了 HOG 特征和粒子滤波相结合的人体跟踪算法。郭烈等<sup>[11]</sup>为了提高城市交通的安全性,提出了使用 AdaBoost 算法训练分割人体的级联分类器,结合 Kalman 滤波原理实现人体的跟踪。张绍明等<sup>[12]</sup>针对红外视频中颜色信息缺失的问题,提出了一种基于改进的粒子滤波的红外视频的跟踪算法,使用 HOG 特征和粒子滤波相结合的方式对人体进行跟踪。

在上述研究的基础上,文中以四旋翼无人机作为平台,对目标人体的检测与跟踪进行研究。

1 人体检测

1.1 方向梯度直方图

Haar 特征是依据目标的灰度值变化的情况提取的,对于人脸这种结构相对固定的场景检测效果一般是很好的,对于结构不固定的人体检测场景的检测效果不是很好。

HOG 特征在提取的过程中是针对目标人体的局部区域进行的,所以 HOG 特征对目标人体的具体大小和形状以及光照变化、尺度变化等问题具有很高的鲁棒性。另外,HOG 特征还允许人体有细微的肢体动作变化而不会影响人体最终的检测效果。故 HOG 特征多用于人体检测。但 HOG 特征也存在特征维数过多、计算量太大等问题,无法达到实时性检测的效果。

1.2 特征降维算法

主成分分析(principal component analysis, PCA)或者主元分析,其主要思想是使用较少的关键特征来描述样本,从而达到降低样本维数的目的<sup>[13]</sup>。经过主成分分析算法后的数据主成分能代表原来数据的大部分信息。

1.3 模板匹配

模板匹配算法就是要忽略掉无关紧要的干扰,在

一幅图像中寻找是否包含与模板图像相同的图像,并确定相同的图像在待搜索的图像中的具体位置。

常用的模板匹配算法可以分为四类:基于区域的匹配算法、基于特征的匹配算法、基于变换域的匹配算法以及基于模型的匹配算法<sup>[14]</sup>。

1.4 支持向量机

SVM 的优点主要是少数的支持向量能够决定最终的分类结果,可以抓住关键的样本,这种算法不仅简单而且有很好的鲁棒性,适合行人检测这种二值问题。但是支持向量机对大规模的训练样本会耗费大量的内存和计算时间。

1.5 改进算法的结果与分析

文中经过对大量的视频序列图像进行实验之后,得到传统的 HOG 特征结合 SVM 分类器的算法,经过 PCA 降维处理后的 HOG 特征结合 SVM 分类器的算法,经过 PCA 降维后的 HOG 特征结合头肩部模板匹配加上 SVM 分类器的算法。平均每帧图像上的耗时如图 1 所示,算法的检测正确率如表 1 所示。

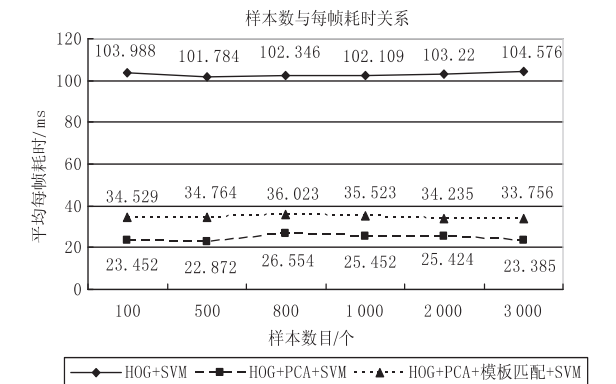


图 1 改进前后人体检测算法耗时折线图

表 1 算法检测正确率统计

样本数	100	300	500	800	1 000
HOG+SVM	0.62	0.59	0.61	0.62	0.60
HOG+PCA+ 模板匹配+SVM	0.73	0.70	0.72	0.71	0.72

实验数据表明,使用传统的 HOG 特征加支持向量机无法满足所需要的实时性要求。对于提出的经过 PCA 处理的 HOG 特征结合头肩部模板匹配后加 SVM 的算法虽然在耗时上比不加头肩部模板匹配算法增加了约 11 ms 左右,但是在算法的检测速度上也可以达到文中对于实时性的要求。并且明显提高了算法的检测率,降低了误检率,达到了对人体检测准确率的要求。

2 人体跟踪

2.1 CamShift 算法

CamShift 算法是在 Mean-Shift 算法的基础上对

目标视频序列的每一帧图像都进行 Mean-Shift 算法的调用。

CamShift 算法的优点是能够高效地解决跟踪目标的形变和跟踪目标被遮挡的问题<sup>[15]</sup>,在背景相对简单的情况下, CamShift 算法能够获得较好的跟踪效果。如果背景相对复杂,或者目标的颜色和背景的颜色相差不大, CamShift 算法的跟踪效果就会降低,甚至会导致跟踪失败,所以就需要结合预测算法来提高对目标的跟踪效果。

2.2 粒子滤波算法

针对目标人体全部被遮挡的情况,提出了 Cam-Shift 算法结合粒子滤波算法。

粒子滤波简单来讲就是通过从后验概率中提取出来的随机粒子来近似地表达目标出现在某个位置的概率<sup>[16]</sup>,其中描述目标位置的随机粒子越多,越能够准确地描述目标的位置信息。但这也正是粒子滤波算法的缺点,想要很好地逼近后验概率密度函数就需要大量的样本粒子,而样本粒子数目越多,算法的复杂度就越高。

3 实验结果与分析

3.1 人体检测跟踪系统

文中在前面分别介绍了人体检测和人体跟踪两部分内容。本节将人体检测和人体跟踪两部分结合起来组成一个人体检测跟踪系统。

人体检测跟踪的流程如图 2 所示。

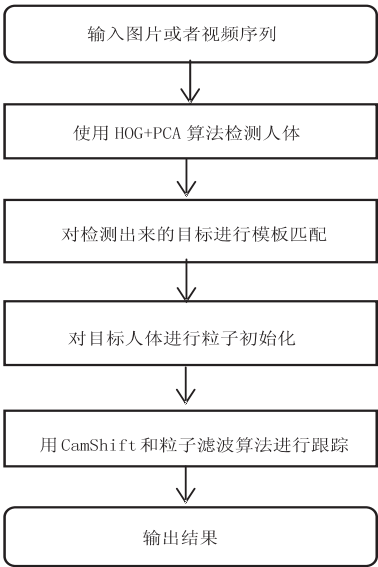


图 2 人体检测跟踪流程

首先输入图片或者视频序列,使用 HOG 结合 PCA 算法对图片或者视频序列中的人体进行检测,识别出人体目标。然后对识别出来的人体目标进行人体的头肩部模板匹配,以此提高人体检测的检测率。然后对选定的人体进行粒子集的初始化操作,通过

对人体运动状态的预测获取描述人体运动的采样粒子集,对该采样粒子集再使用 CamShift 算法进行漂移运算,从而得到收敛的粒子集。最后通过对粒子集进行重新采样,动态保留最能描述人体运动的粒子以估计人体运动的状态。

3.2 不同场景下的实验

对 HOG 特征训练采用的是 MIT 数据集,这个数据集相对简单,数据集中只包含了一个正样本集,这个正样本集中包含 924 幅图片(为 64 × 128 的彩色图片),负样本集也包含了 924 幅图片(为 64 × 128 的彩色图片)。这些图片来自于网络资源,这些负样本中的图片主要是动物、风景以及其他非人的图片。为了验证人体检测跟踪系统的效果,在不同的场景下进行了测试。

场景一:行人在步行时的场景。人体检测跟踪效果如图 3 所示。



图 3 人体检测跟踪效果(1)

场景二:行人在跑步时的场景。人体检测跟踪效果如图 4 所示。



图 4 人体检测跟踪效果(2)

两种场景每帧算法耗时如表 2 所示。

表 2 算法每帧耗时统计

样本数	100	300	500	800	1 000
步行每帧耗时/ms	38.265	37.565	37.019	38.723	38.296
跑步每帧耗时/ms	37.623	36.059	36.365	36.925	37.625

由图 3 和图 4 的人体检测跟踪效果可知,改进算法具有良好的抗干扰性,对背景中的干扰物能够准确地排除,并且能够准确地检测出背景中的人体,对人体在运动中的尺度变化有良好的自适应性。由表 2 所示,人体检测跟踪算法每帧图像平均耗时在 37 ms 左右,满足了文中对实时性的要求。

4 结束语

在人体检测部分,提出对 HOG 特征进行 PCA 降维处理,得到降维后的 HOG 特征,并对降维后的 HOG 特征结合人体头肩部的模板匹配算法,减少了算法的

计算量,提高了算法的实时性,并且提高了人体的检测率。在人体跟踪部分,采用一种基于 CamShift 算法和粒子滤波算法相结合的跟踪算法。CamShift 算法具有计算量小、实时性好的优点,但是 CamShift 算法是一种基于颜色特征的算法,对人体的背景很敏感,并且当人体完全被遮挡时很容易跟丢目标。因此,将 CamShift 算法和粒子滤波算法相结合就可以通过少量的相关粒子提高对人体跟踪的效果和实时性。然后将人体检测和人体跟踪相结合组成一个人体检测跟踪系统。该系统可以对静态图片和视频序列中的人体进行自动检测和跟踪,能够有效解决传统的手动画框跟踪带来的跟踪画不准等人为问题。

#### 参考文献:

- [1] PAPAGEORGIOU C, POGGIO T. A trainable system for object detection[J]. International Journal of Computer Vision, 2000, 38(1): 15-33.
  - [2] DALAL N, TRIGGS B. Histograms of oriented gradients for human detection[C]//Conference on computer vision and pattern recognition. San Diego, CA, USA: IEEE, 2005: 886-893.
  - [3] GAVRILA D M, PHILOMIN V. Real-time object detection for "smart" vehicles[C]//Proceedings of the seventh IEEE international conference on computer vision. Kerkyra, Greece: IEEE, 1999: 87-93.
  - [4] 李建福, 龚卫国, 杨金妃, 等. 基于复合分类特征的红外图像人体实时检测[J]. 光电工程, 2009, 36(2): 55-61.
  - [5] 陈锐, 王敏, 陈肖. 基于 PCA 降维的 HOG 与 LBP 融合的人体检测[J]. 信息技术, 2015, 39(2): 101-105.
  - [6] 周科嘉. 基于 HOG 特征和模板匹配的行人检测与跟踪研究[D]. 长春: 吉林大学, 2014.
  - [7] JEMILDA G, BAULKANI S, PAUL D G, et al. Tracking moving objects in video[C]//Advances in biometric person authentication. Guangzhou, China: Springer - Verlag, 2004: 546-553.
  - [8] 王齐, 金小峰. 复杂环境中车辆检测与跟踪方法的研究[J]. 液晶与显示, 2016, 31(5): 511-517.
  - [9] 李娟, 邵春福, 杨励雅, 等. 基于 Kalman 滤波的行人跟踪方法研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2009, 9(6): 148-153.
  - [10] 邹依峰, 李峰, 周荷琴. 一种基于 HOG 的粒子滤波行人跟踪算法[J]. 电子技术, 2011, 38(8): 23-25.
  - [11] 郭烈, 张明恒, 李琳辉, 等. 一种基于支持向量机的行人识别方法研究[J]. 大连理工大学学报, 2011, 51(4): 604-610.
  - [12] 张绍明, 胡建平, 施扬. 基于改进的粒子滤波的红外视频行人跟踪[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2015, 43(12): 1883-1887.
  - [13] 尹飞, 冯大政. 基于 PCA 算法的人脸识别[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(10): 31-33.
  - [14] 胡璟璟. 复杂场景下目标跟踪的多模板匹配算法研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2010.
  - [15] 李淑英, 王敬. 基于 Mean shift 目标跟踪算法的设计与研究[J]. 数字技术与应用, 2015(7): 138.
  - [16] 李向军, 李良福. 基于后验概率度量的粒子滤波跟踪算法研究[J]. 应用光学, 2011, 32(4): 646-651.
- +++++
- (上接第 100 页)
- [2] 喻宝禄. 基于医疗云平台的一类疾病分析模型研究[D]. 贵州: 贵州大学, 2016.
  - [3] 庾兵兵, 沈丽宁, 金新政. 智慧健康系统架构研究[J]. 智慧健康, 2016(6): 18-21.
  - [4] 杨科. 基于无线传输的嵌入式生理数据采集系统的设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2013.
  - [5] GAO Zeli, WU Jie, ZHOU Jianli, et al. Design of ECG signal acquisition and processing system[C]//Proceedings of the 2012 international conference on biomedical engineering and biotechnology. [s. l.]: IEEE, 2012: 762-764.
  - [6] 仲伟波, 李忠梅, 石婕, 等. 一种用于设施农业的 ZigBee-WiFi 网关研制[J]. 计算机科学, 2014, 41(6A): 484-486.
  - [7] 唐新忠, 李海忠, 马明明, 等. 基于 ARM 平台的智能家居网关设计[J]. 现代电子技术, 2016, 39(20): 121-124.
  - [8] 蔡利婷, 陈平华, 罗彬, 等. 基于 CC2530 的 ZigBee 数据采集系统设计[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(11): 197-200.
  - [9] 徐洪建. 基于 DM9000A 的网络接口设计[J]. 现代电子技术, 2012, 35(12): 19-21.
  - [10] 刘占杰, 张艳, 赵阳. S3C6410 和 CR95HF 的 RFID 读卡系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2014, 14(6): 76-79.
  - [11] 许壮, 关紫艳, 王鑫, 等. 基于 TCP 协议的远程脉搏监测与通信系统分析[J]. 无线互联科技, 2016(15): 4-5.
  - [12] HUANG Conghui, SU Y F, SU Yutang, et al. Design and application of ZigBee wireless techniques for an intelligent house lighting control system[C]//International symposium on computer, consumer and control. Taichung, Taiwan: IEEE, 2014: 1-5.
  - [13] 孟鑫森. 基于 HBase 的空间数据云存储研究[D]. 郑州: 河南大学, 2016.
  - [14] 吴琰, 唐小明. 基于 HBase 的分布式空间数据库技术[J]. 吉林大学学报: 理学版, 2016, 54(6): 1355-1360.
  - [15] SU Yu, GAO Wanlin, LI Nayu, et al. Wireless body area network data storage method based on HBase[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 427-429: 2273-2277.