

# 融合多特征和SVM的跌倒检测方法研究

王宏睿<sup>1\*</sup>, 奚耀昌<sup>2\*#</sup>, 陈佩江<sup>1#</sup>, 马颖初<sup>1</sup>

<sup>1</sup>临沂大学机械与车辆工程学院, 山东 临沂

<sup>2</sup>临沂大学自动化与电气工程学院, 山东 临沂

收稿日期: 2023年3月13日; 录用日期: 2023年4月3日; 发布日期: 2023年4月19日

## 摘要

为了及时发现老人跌倒并及时救助, 对跌倒检测方法进行了研究。首先采用ViBe算法提取运动的人体, 采用高斯滤波和形态学处理后, 接着提取人体长宽比、角度、质心高度三个跌倒特征, 组合成特征向量并添加保存至特征提取器, 最后导入支持向量机模型进行训练。实验证明该方法能有效区分跌倒与非跌倒问题。

## 关键词

多特征, 跌倒检测, 支持向量机

# Research on Fall Detection Method Based on Multi-Feature and SVM

Hongrui Wang<sup>1\*</sup>, Yaochang Xi<sup>2\*#</sup>, Peijiang Chen<sup>1#</sup>, Yingchu Ma<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Mechanical and Vehicle Engineering, Linyi University, Linyi Shandong

<sup>2</sup>School of Automation and Electrical Engineering, Linyi University, Linyi Shandong

Received: Mar. 13<sup>th</sup>, 2023; accepted: Apr. 3<sup>rd</sup>, 2023; published: Apr. 19<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

In order to detect and rescue the elderly fall in time, the fall detection method is studied in this paper. Firstly, the Vibe method is used to extract the moving human body. After Gaussian filtering and morphological processing, three fall features such as aspect ratio, angle, centroid height are extracted, combined into a feature vector and added to the feature extractor. Finally, the support vector machine model is introduced for training. Experiments show that this method can effectively distinguish between fall and non-fall problems.

\*共一作者。

#通讯作者。

文章引用: 王宏睿, 奚耀昌, 陈佩江, 马颖初. 融合多特征和 SVM 的跌倒检测方法研究[J]. 图像与信号处理, 2023, 12(2): 89-95. DOI: 10.12677/jisp.2023.122009

## Keywords

Multi-Feature, Fall Detection, SVM

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

据国家统计局发布的第七次全国人口普查公报显示,截至2020年,大陆地区60岁及以上的老年人口总量为2.64亿人,已达到总人口的18.7% [1]。近期,国家卫健委声称在2035年左右中国将进入重度老龄化社会,伴随着老龄化社会的加速进程,意外跌倒成为危及老年人健康的重要原因,及时发现老人跌倒并及时救助,可以有效降低死亡率。现在,我国城市或农村独居老人或多或少患有骨质疏松等关节疾病,家里老人都或多或少地有过跌倒的经历,跌倒是60岁及以上老年人口的主要健康危害之一,意外跌倒已成为一种普遍的现象。世界卫生组织发表的一项研究估计,65岁以上的老人中有28%到35%的人每年至少跌倒一次,而70岁以上的人这个数字会增加到42% [2]。

许多研究人员也对跌倒进行过研究,大致可以分为以下三种方法:第一、基于穿戴式传感器的跌倒检测研究,穿戴式传感器主要把倾斜开关、加速度计、陀螺仪等传感器嵌入到可穿戴设备上[3],老人需要佩戴在手腕、腰上、肘上等活动部位,根据设备收集到的数据并对其进行分析和处理,进而判断是否发生跌倒。Sannino等[4]设计了一种有监督的跌倒检测方法,该方法根据加速度计提取的数据,根据IF-THEN规则来确定是否发生跌倒。Qiang等[5]根据陀螺仪和加速度计采集到的角速度与加速度信息,根据事先设置的阈值判断是否跌倒;石欣、张涛[6]通过将压力传感器内置进鞋垫,采集脚底的压力信息,基于阈值利用支持向量机进行跌倒检测。第二、基于场景装置的跌倒检测研究,程卫东等[7]利用主成分分析法研究基于PIR传感器的人体运动特征提取及识别。第三,基于视觉的跌倒检测研究,MIN等[8]通过运动人体最小外接矩形的宽高比变化来判断是否发生跌倒;Rougier C等[9]采用3D跟踪技术分析人体头部的运动轨迹和速度来判断是否发生跌倒。

分析了上述文章的关键技术,本文通过提取长宽比、角度、质心高度三个跌倒特征,组合成特征向量,导入支持向量机模型进行训练,实验结果表明能较准确地区分跌倒与非跌倒行为。

## 2. 提取运动人体

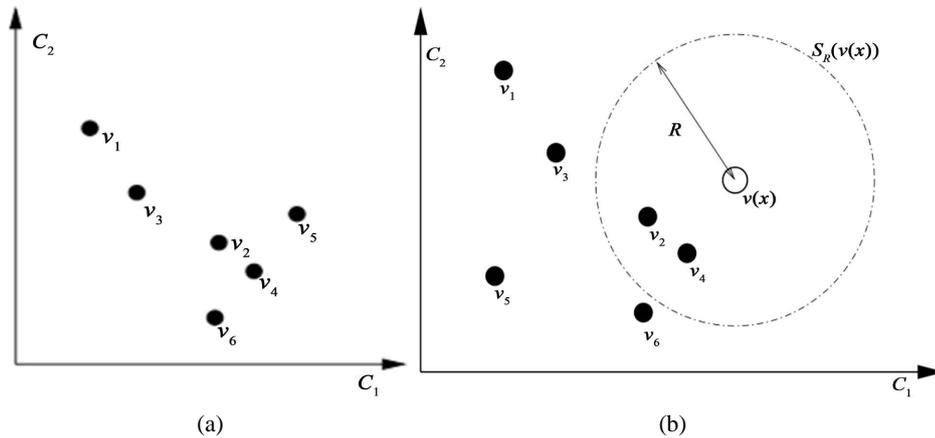
目标提取常见的有光流法、帧间差分法、背景减除法、ViBe算法。在跌倒检测的过程中,分割运动目标是至关重要的环节,直接影响着后续跌倒行为的判断,光流法运算量大,帧间差分法容易丢帧产生误检,背景减除法较难实时更新背景图像,ViBe算法能较好的适应背景的变化,有效解决“空洞”现象,因此,本文选取ViBe算法来获取运动目标。

### ViBe 算法原理简介

如图1所示,与常见的前景检测算法不同,ViBe算法的背景更新策略是随机选择需要替换的像素的样本,之后随机选择邻域像素进行更新[10]。该算法通过将以前的像素值和提取像素点周围的像素值建立样本集,通过将样本集中的像素值与下一帧处的像素值进行对比,若它们的距离大于设定阈值,则认为该像素点为背景像素点[11]。如图1所示,记 $v(x)$ 为下一帧的像素值, $R$ 为设定的阈值, $v_1$ 、 $v_2$ 、 $\dots$ 、 $v_6$ ,为样本集中的像素值,以 $v(x)$ 为圆心 $R$ 为半径的圆被认为是一个集,当样本集与此集的交集大于设定的

阈值时, 可认为此为背景像素点, 否则是前景像素点[12]。

ViBe 算法相较于帧间差分法和背景减除法能更完整的获取到运动目标, 具体检测效果如图 2 所示。



**Figure 1.** Introduction of Vibe algorithm. (a) Sample set; (b) Pixel value of the sample set versus the next frame

**图 1.** Vibe 算法简介。(a) 样本集; (b) 样本集与下一帧的像素值



**Figure 2.** Motion targets obtained by Vibe algorithm. (a) Original image of moving human body; (b) Images of human body detected by Vibe algorithm

**图 2.** Vibe 算法获取的运动目标。(a) 运动人体的原图像; (b) Vibe 算法检测得到的人体图像

### 3. 多特征提取与 SVM 理论

#### 3.1. 人体高宽比

对于前面获得的前景图像, 利用 opencv 中的 `cv2.boundingRect()`和 `cv2.rectangle()`函数画出前景目标最小外接矩形框, 记高宽比为  $hw = h/w$ , 若发生跌倒行为, 其值小于 1, 正常行走时高宽比明显大于 1, 因此, 人体高宽比可以作为跌倒特征。

#### 3.2. 角度特征

当人在正常行走时, 人体质心与水平面角度明显大于  $45^\circ$ , 而人在跌倒的时候, 人体质心明显靠近地面, 角度相对较小, 因此, 角度也可以作为跌倒的一个判断条件。

#### 3.3. 质心相对高度

定义质心为人体最小外接矩形框对角线的交点, `cv2.boundingRect()`返回的四个值  $x, y, w, h$  中,  $x,$

$y$  是矩形左上点的坐标,  $w, h$  是矩形的宽和高, 记质心的纵坐标为  $cy$ , 则质心相对高度为  $chy = y + h - cy$ , 当人体由直立状态转向跌倒状态时, 质心相对高度  $chy$  会慢慢变小, 因此质心相对高度可以作为跌倒的一个特征。

将上述的跌倒特征进行组合, 存入特征提取器中并生成特征向量, 便于后续送入支持向量机模型进行监督学习, 构建 SVM 分类器区分跌倒与非跌倒行为。

### 3.4. 支持向量机理论

支持向量机(SVM)是经典的二分类算法[13], 本文采用的是线性可分支持向量机进行跌倒与非跌倒的划分, 如图 3 所示, 特征提取器提取到的特征后会生成一个数据集  $D = \{x_i, y_i\}$ , 其中,  $x_i$  为第  $i$  个特征,  $y_i$  为  $x_i$  的类别标记。  $y_i = +1$  时, 称  $x_i$  为正样本,  $y_i = -1$  时, 称  $x_i$  为负样本, 对于线性可分的数据, 能找到一个最优超平面  $w \cdot x + b = 0$ , 使得超平面和最近的数据点之间的间隔最大, 从而正确分类所有的正负样本点[14]。即  $y_i = +1$  时, 对于样本  $x_i$  有  $w \cdot x + b > 0$ ;  $y_i = -1$  时, 对于样本  $x_i$  有  $w \cdot x + b < 0$ 。

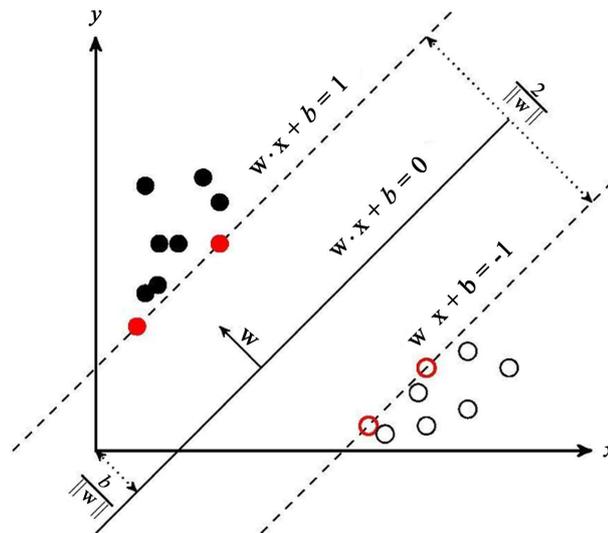


Figure 3. Classification hyperplane  
图 3. 分类超平面

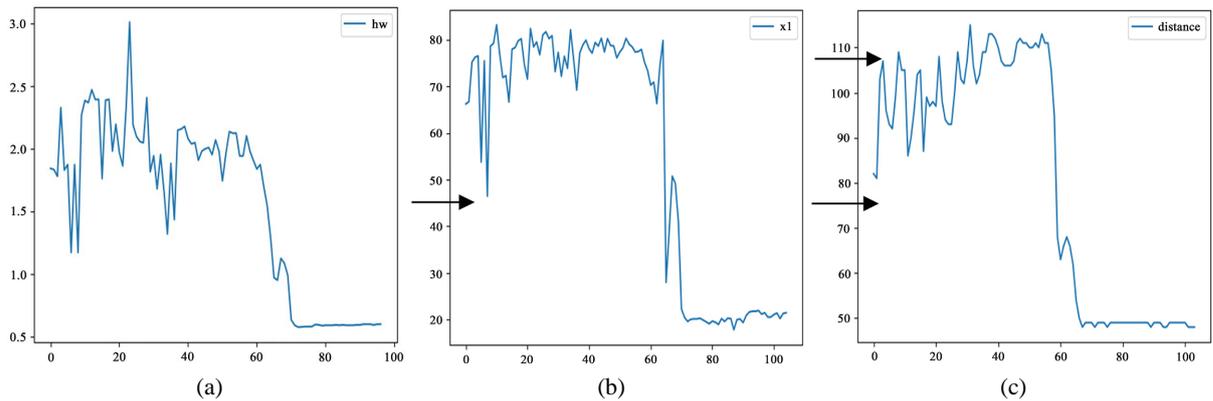
本文选取的支持向量机核函数是线性核函数, 即  $\text{kernel} = \text{'linear'}$ , 惩罚参数  $C$  取值为 1, 选取好核函数和核函数参数后, 接下来进行的是 SVM 模型的训练与测试, 将上述提取到的人体高宽比、角度、质心相对高度三个特征存入特征提取器后, 将列表转为 SVM 训练的数据格式(包括样本数据和标签), 将数据集按照 7:3 划分成训练集和测试集, 最终生成 SVM 跌倒分类模型。当输入新的视频数据时, 让 SVM 跌倒模型进行预测, 统计模型检测的正确率, 具体检测流程如图 4 所示:



Figure 4. Fall detection process of Multi-feature fusion and SVM  
图 4. 多特征融合与 SVM 跌倒检测流程

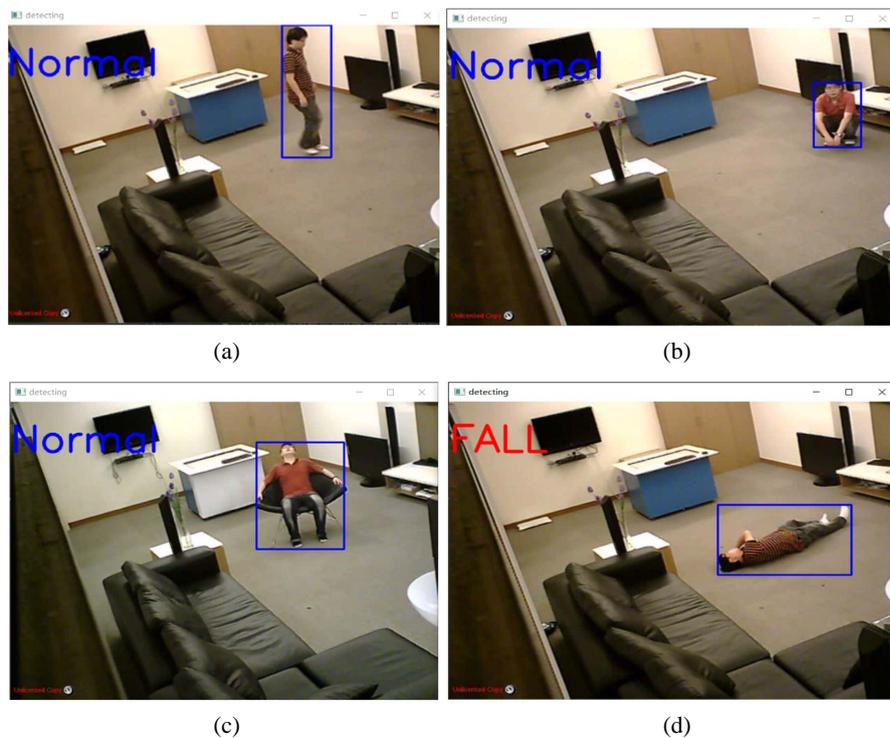
#### 4. 实验结果分析

跌倒检测曲线如图 5 所示, 设定高宽比阈值为 1, 角度阈值为  $45^\circ$ , 质心相对高度阈值为 70, 由高宽比图 5(a)可以看出, 在 65 帧以后人体高宽比急剧下降, 由原来的大于 1 变成小于 1, 角度由原先的大于  $70^\circ$  左右急剧下降到  $20^\circ$ , 质心相对高度由原先在 100 附近急剧下降至 50 左右, 即 65 帧之后有跌倒现象的发生, 将上述特征保存至特征提取器中, 并将数据转化成 SVM 的训练数据格式, 导入 SVM 模型进行训练, 保存生成的模型文件用于预测新的视频数据。



**Figure 5.** Fall characteristic curve. (a) Aspect ratio; (b) Angular characteristics; (c) Relative height of centroid  
**图 5.** 跌倒特征曲线。(a) 宽高比; (b) 角度特征; (c) 质心相对高度

针对常见的直立行走、下蹲、坐下、跌倒等动作, 其检测结果, 如图 6 所示:



**Figure 6.** Fall and non-fall test results. (a) Walk normally; (b) Squat; (c) Sit down; (d) Fall down  
**图 6.** 跌倒与非跌倒检测结果。(a) 正常行走; (b) 下蹲; (c) 坐下; (d) 跌倒

为验证本文所提出方法的可行性,主要是对已录制好的 20 段视频进行实验,对于不同的姿势,如正常行走、下蹲、弯腰、跌倒等,能较好的将非跌倒行为与跌倒行为进行区分,最终将上述几种姿势的检测结果统计如表 1 所示。

**Table 1.** Statistical results  
**表 1.** 统计结果

姿势	次数	判断为跌倒	判断为正常	正确率
正常行走	20	0	20	100%
下蹲	20	2	18	90%
坐下	20	1	19	95%
跌倒	20	19	1	95%

## 5. 结束语

本文对比了几种目标检测算法的优缺点,选择采用 ViBe 算法提取运动目标,使用高斯滤波进行减噪,经形态学处理后,接着提取人体高宽比、角度、质心高度三个跌倒特征,组合成特征向量并添加保存至特征提取器,最后导入支持向量机模型进行训练,生成一个可用于特征分类的模型文件,当输入新的视频数据时,该模型能够有效区分跌倒与日常行为。

## 基金项目

临沂大学 2022 年校级大学生创新创业项目(X202210452205)。

## 参考文献

- [1] 吴凯文, 谭燕泉, 杨敏, 张杏雨. 智慧健康养老服务与管理专业课程体系设计探讨[J]. 科教导刊-电子版(中旬), 2021(11):121-123.
- [2] Peel, N.M., Travers, C., Bell, R.A.R., et al. (2010) Evaluation of a Health service Delivery Intervention to Promote Falls Prevention in Older People across the Care Continuum. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, **16**, 1254-1261. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2753.2009.01307.x>
- [3] Pannurat, N., Thiemjarus, S. and Nantajeewarawat, E. (2014) Automatic Fall Monitoring: A Review. *Sensors*, **14**, 12900-12936. <https://doi.org/10.3390/s140712900>
- [4] Sannino, G., De Falco, I., De Pietro, G. (2015) A Supervised Approach to Automatically Extract a Set of Rules to Support Fall Detection in an mHealth System. *Applied Soft Computing*, **34**, 205-216. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.04.060>
- [5] Qiang, L., John, A., Mark, A., et al. (2009) Accurate, Fast Fall Detection Using Gyroscopes and Accelerometer-Derived Posture Information. *Sixth International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, BSN 2009*, Berkeley, 3-5 June 2009, 138-143.
- [6] 石欣, 张涛. 一种可穿戴式跌倒检测装置设计[J]. 仪器仪表学报, 2012, 33(3): 575-580.
- [7] 程卫东, 董永贵. 利用热释电红外传感器探测人体运动特征[J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(5): 1021-1023.
- [8] Min, W.D., Wei, L.S. and An, Q. (2016) Human Fall Detection Based on Motion Tracking and Shape Aspect Ratio. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, **11**, 1-14. <https://doi.org/10.14257/ijmue.2016.11.10.01>
- [9] Rougier, C., Meunier, J., St-Arnaud, A., et al. (2006) Monocular 3D Head Tracking to Detect Falls of Elderly People. The 28th IEEE EMBS Annual International Conference. New York, 30 August-3 September 2006, 6384-6387. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2006.260829>
- [10] 朱晨璐, 隋超, 周翠翠, 等. 基于 AR 技术的手机拍摄软件的开发[J]. 现代信息科技, 2018, 2(5): 18+20.
- [11] 汪鑫, 吴开志, 俞子荣, 等. 基于 PoolNet 显著性和 SURF-VIBE 模型的林火视频烟雾提取算法[J]. 南昌航空大学

学报: 自然科学版, 2020, 34(2): 94-100.

- [12] 刘燕德, 曾体伟, 陈洞滨, 等. 基于改进 ViBe 算法的运动目标检测研究[J]. 计算机仿真, 2019, 36(2): 62-68.
- [13] 李晓黎, 刘继敏, 史忠植. 基于支持向量机与无监督聚类相结合的中文网页分类器[J]. 计算机学报, 2001, 24(1): 7.
- [14] 邱国枢, 张翔, 刘军, 等. 基于图像处理的车辆识别系统设计[J]. 吉首大学学报: 自然科学版, 2019, 40(5): 18-24.