

# 步态识别技术研究综述

王 兵

民政职业大学 康复工程学院 北京 102600

**摘要:** 步态识别是当前生物特征识别技术中的主要方法,并广泛应用于视频识别、康复治疗等领域。该方法不同于其他生物特征识别方法,具有显著的非接触性、非侵犯性、不易伪装等特点,能在较远距离对目标进行比对识别。本文根据步态识别的基本原理,从步态分割、特征提取、步态比等关键技术,以及在康复辅具实践中的应用等方面阐述步态识别技术的发展,并对该技术未来的发展方向进行了展望。

**关键词:** 步态识别;步态分割;特征提取;步态比对

## A review of gait recognition technology

Bing Wang

School of Rehabilitation Engineering, China Civil Affairs University, Beijing Daxing 102600

**Abstract:** Gait recognition is the main method in current biometric recognition technology, and is widely used in video recognition, rehabilitation and other fields. Different from other biometric identification methods, this method has the characteristics of non-contact, non-invasive, easy to camouflage, etc., and can identify the target in a relatively long distance. Based on the basic principle of gait recognition, this paper expounds the development of gait recognition technology from key technologies such as gait segmentation, feature extraction, gait ratio, and its application in the practice of rehabilitation AIDS, and prospects the future development direction of this technology.

**Key words:** Gait recognition; Gait segmentation; Feature extraction; Gait comparison

步态识别技术是一种先进的生物识别手段,它可以通过分析个体的行走模式来实现身份的识别。相较于指纹、面部和虹膜等传统生物特征识别方法<sup>[1]</sup>,步态识别的优势十分显著:它不需要直接接触,不易被个体察觉,且难以被有意隐藏或伪装。这些特性使得步态识别在远距离识别场景中尤为有效,成为目前唯一可行的技术选项。个体的步态受到肌肉力量、骨骼结构和身体协调性等多种因素的影响,造就了每个人独一无二的行走方式。

步态识别技术主要包括步态分割、特征提取和步态比对。其中步态识别的数据大多来源于视频,较常用的数据处理方法是先将视频中的行人从背景中分离出来,以获取清晰的人体轮廓。然后提取行人的关键步态特征信息进行记录,然后将提取出来的特征信息与数据库中已有样本进行比较,计算它们之间的相似度确定最终的识别结果。在深度学习成为主流方法之前,步态识别技术的关键在于如何选取最有效的特征和合适的分类器,来获得最准确的识别结果。而随着深度学习技术的突破,步态识别技术的发展也受到了较大益处,深度学习的这些技术通过复杂的算法模型,能够自动识

别并提取视频中的关键信息,从而提高了识别的准确性和效率。其中无监督学习的方法特别适用于那些缺乏标注数据的实际应用场景,它们通过模拟数据本身的结构来进行特征学习和压缩,减少了对人工干预的依赖。随着技术的不断进步,步态识别在准确性、实时性和可扩展性方面都有望实现显著提升,进一步巩固其在安全监控、身份验证、康复治疗等领域的应用地位。

### 1 步态分割

一般在视频数据中不仅有人、物等目标信息,还有背景、遮挡物等其他干扰因素。首先为了得到更好的感兴趣区域,同时提升后续的特征提取和识别准确率,准确的分割是十分关键的一步。不同的数据源中表现出来的场景和目标步态各不相同,如何选取合适的分割方法对提升步态识别方法的泛化性十分关键。常用的步态分割方法主要有帧间差分法<sup>[2]</sup>、背景减除法<sup>[3]</sup>、光流法<sup>[4]</sup>等。而在实际应用中,这几种分割方法一般都有各自的优势,经常混合使用<sup>[5]</sup>来获得最佳的分割效果。

帧间差分法是将前后连续2帧或多帧图像进行差分运



算来获取目标差异的一种方法，通过寻找差异来获取目标轮廓。王智文等人<sup>[6]</sup>通过对比相邻三帧图像颜色特征的巴氏距离计算出相邻图像的相似度，并设置相似度阈值为超参数，继而计算出相邻帧图像的差分图像辅助轮廓填充操作获取兴趣目标。而背景减除法实现是先建模背景图像，然后将待检图像的背景去除来获得目标，这类方法一般对于背景静止的场景效果较好，其重点在于准确的背景构建，这和最终的分割效果直接相关。目前，较为常用的背景建模方法有单高斯模型、混合高斯模型、隐马尔可夫模型等<sup>[7]</sup>。光流法通过计算图像中各像素点的运动矢量来构建图像运动场，进而反映运动目标的运动趋势和位置。后续结合Gabor特征和机器学习方法，可以有效地处理图像中感兴趣区域的信息，实现基于轮廓的目标跟踪。

## 2 特征提取

步态特征提取指的是将视频图像中检测到的目标步态使用某种方法进行表征或建模，继而进行步态识别，其特征提取大多基于非结构表征、基于结构表征和融合表征这三种类型。王浩等<sup>[8]</sup>根据现有算法的分析，在传统的线性判别分析方法基础上，提出了一种基于轮廓特征的广义步态识别算法。该算法通过重新定义样本类间离散矩阵寻找步态的最佳投影方向，提升步态识别的准确率。赵志杰等<sup>[9]</sup>在图像轮廓的基础上又选取了图像步态的三个特征，通过建立帧间差异百分比的动态特征并结合角度距离的静态特征，没实现了多重图像轮廓特征结合的步态准确识别。

基于结构表征的步态特征提取不同于非结构表征，其利用的特征类别不同，大多是一些目标固定属性，如动力学等相关特性，来构建人体运动结构。李言等<sup>[10]</sup>使用对抗学习网络补全遮挡或视野受限下的人体运动姿势估计，提升三维运动姿态质量，减少环境对特征提取的影响。王全坤<sup>[11]</sup>针对脑卒中偏瘫患者的异常步态，提出基于下肢关节角度信息的特征提取方法，实现了运动信号与偏瘫步态间的有效映射关系。

为进一步提高步态识别精准度，研究人员在上述两种基础特征的基础上融合了目标的一些其他生物特征最为更加准确的特征表示。李浩森等<sup>[12]</sup>联合空间和时间域上提取丰富的步态信息，并细化不同子区域间的实践上限文信息，提出了局部多出度和全局上下文特征的步态识别算法。熊经文等<sup>[13]</sup>将步态与声纹特征进行融合，克服了人物身份识别应用中的遮挡、安全等局限因素，并高于单模态的方法，对于干扰的情况下，也取得了较好的效果。

## 3 步态比对

步态比对作为步态识别的最后一步，通过对比提取好

的步态特征和数据库中的已有样本特征的相似度，并利用分类器得出最终的步态识别结果。目前，较为常用的分类器有支持向量机(SVM)、隐马尔可夫模型(HMM)、K近邻方法(KNN)等。

支持向量机方法对于小样本的应用在识别准确率和速度上有较好表现。杨莉杰<sup>[14]</sup>分析SVM在步态数据处理方面的优势，并根据人体异常步态特征，在CASIA-B和OUMVLP数据集上实现了推算身份信息和复杂行为识别的研究新视角。隐马尔可夫模型可有效利用步态序列的失序信息，对于步态识别任务有较好地适应性。刘畅等<sup>[15]</sup>先试用滑动平均滤波预处理操作降低步态数据中的噪声，然后结合隐马尔可夫模型，有效提高了识别的灵敏度。K-近邻算法的优点是分类方法简单直观，且不需要提前预训练或建模，但当存在较多目标干扰时计算开销较大。胡叶等<sup>[16]</sup>选取三轴加速度平方和的方差作为特征量，在通过K-means聚类算法有限识别慢跑状态，在完成对其他运动状态的识别，有效提升了室内行人导航系统的不良姿态识别精度。此外，深度学习方法也表现出良好的性能。

## 4 神经网络模型在步态识别中的应用

近年来，以神经网络为代表的模型在各个领域的应用都取得了瞩目的成果，逐渐成了主流的研究方法。相较于手工设计特征参数的传统机器学习时代，神经网络模型能自主发觉更多的细节和语义特征，极大地提升识别的准确度。常见的神经网络模型主要有卷积神经网络(Convolutional Neural Networks, CNN)、生成对抗网络(Generative Adversarial Networks, GAN)和Transformer等。李若愚等<sup>[17]</sup>针对步态识别网络模型的高复杂度、大参数量和训练速度慢等问题，使用知识蒸馏方法，在不扩展数据集、增加模型复杂度的前提下，提高了ConvNeXt-KD模型的步态识别准确率。陈万志等<sup>[18]</sup>在数据预处理阶段合成步态GEI能量图，增强数据输入阶段人体外观的表示。然后在特征提取阶段引入注意力机制，增强了模型的特征提取能力，从而提高步态识别的精度。吴冬梅等<sup>[19]</sup>针对人在行走过程中因着装、携带物、视角等复杂因素导致步态识别准确率下降的问题，以步态骨架为输入，采用带有残差连接的图神经网络学习更加精细步态特征，并引入注意力机制区分各关节的重要程度，凸出显著区域特征的权重，实现了较好的步态识别结果。Xia等<sup>[20]</sup>使用对抗生成网络补全小面积物品遮挡的图像，并保持上下文语义一致，克服了图像中的不利干扰因素，提升了步态识别任务的准确率。

## 5 步态识别技术发展趋势

步态识别作为一个较为热门的研究问题，在身份识别、

辅助康复、疾病预防、步态矫正等方面具有重要的意义。如在我国医疗康复领域，步态识别已成为脑卒中偏瘫患者健康恢复，步态训练矫正的一项重要手段。目前，步态识别主要基于二维图像特征，然而受遮挡和视角限制时存在较大的局限性。三维步态识别技术，可以提供更加丰富的深度和立体特征信息，有效地弥补二维识别技术的不足，显著提高步态识别准确性。然而，三维步态的数据量显著高于二维图像，对计算速度、存储方式等都提出了更高的要求，硬件的迭代更新将会面临更严峻的挑战，因此如何在保证准确性的同时提高速度也将是关键研究方向之一。此外，在实际应用中，多模态融合特征识别准确率显著高于单一特征的，如何进行高效、鲁棒的多模态融合也将是未来的研究热点之一。

#### 参考文献：

- [1] 田光见, 赵荣椿. 步态识别综述 [J]. 计算机应用研究, 2005(5):20-22.
- [2] ZHENG D, ZHANG Y, XIAO Z. Deep learning-driven gaussian modeling and improved motion detection algorithm of the three-frame difference method[J]. Mobile Information Systems, 2021, 15:1-7.
- [3] PAL T. Improved background subtraction technique for detecting moving objects[J]. Recent Advances in Computer Science and Communications, 2021, 14(9):2854-2862.
- [4] KANAGAMALLIGA S, VASUKI S. Contour-based object tracking in video scenes through optical flow and gabor features[J]. Optik, 2017, 157:787-797.
- [5] GUO J J, WANG J P, BAI R X, et al. A new moving object detection method based on frame-difference and background subtraction[J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, 242:1-4.
- [6] 王智文, 王宇航, 蒋联源等. 基于关联帧差分法的运动目标检测与跟踪 [J]. 现代电子技术, 2021, 44(2): 174-178.
- [7] TANG Y Q, LI ZH R, TIAN H W, et al. Detecting toeoff events utilizing a vision-based method[J]. Entropy, 2019, 21(4):329.
- [8] 王浩, 范媛媛, 方宝富. 基于轮廓分析的广义步态识别算法研究 [J]. 小型微型计算机系统:2016, 37(7): 1504-1507.
- [9] 赵志杰, 孙小英, 金雪松等. 多重图像轮廓特征结合的步态识别算法 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2016, 48(4):182-188.
- [10] 李言, 曾维, 蒋毅等. 基于改进型对抗网络的步态特征提取方研究 [J]. 电子测量技术, 2022, 45(9):121-126.
- [11] 王全坤, 郭冰菁, 尤爱民等. 基于 SVM 的偏瘫患者异常步态识别与临床康复辅助诊断系统 [J]. 计算机应用与软件, 2023, 40(10):94-100.
- [12] 段成阁, 刘康康, 李福全. 步态识别技术综述 [J]. 中国人民公安大学学报(自然科学版), 2022, 28(04):75-80.
- [13] 熊经文, 陈志, 倪康等. 基于步态与声纹特征融合人物身份识别 [J]. 软件导刊, 2023, 22(4):54-57.
- [14] 孔金生, 李婧馨, 段鹏松, 等. 基于 Wi-Fi 信号的人体身份识别算法研究综述 [J]. 计算机科学, 2021, 48(10):246-257.
- [15] 刘畅, 魏忠诚, 张春华, 王巍, 赵继军. 基于隐马尔可夫模型的步态识别算法 [J]. 计算机工程与设计, 2019, 40(12):3487-3493.
- [16] 胡叶, 张爱军. 基于 K-means 的室内行人导航步态识别方法 [J]. 国外电子测量技术, 2021, 40(3):32-36
- [17] 黄凯, 周旭辉, 梅健, 等. 基于压力感知的步态识别研究现状 [J]. 化工自动化及仪表, 2023, 50(04):406-410. DOI:10.20030/j.cnki.1000-3932.202304002.
- [18] 靳少宁. 基于轮廓与几何特征融合的人体步态识别方法研究 [D]. 大连海事大学, 2023. DOI:10.26989/d.cnki.gdlhu.2023.000822.
- [19] 吴冬梅, 赵梦琦, 宋婉莹等. 改进图卷积网络在复杂因素下的步态识别 [J]. 计算机工程与设计, 2023, 44(10):3138-3125.
- [20] XIA L M, WANG H, GUO W T. Gait recognition based on Wasserstein generating adversarial image inpainting network[J]. Journal of Central South University, 2019, 26(10):2759-2770.

基金项目：中央高校基本科研业务费资助项目（JBKYQN 2024-34）

#### 作者简介：

王兵（1990- ），男，河南商丘人，博士，讲师，研究方向为多模态融合、智能计算。

