

## 基于肢体长度参数的多视角 步态识别算法

彭 彰<sup>1</sup> 吴晓娟<sup>1</sup> 杨 军<sup>1</sup>

**摘 要** 提出了一种基于肢体长度参数的用于多视角情况下的步态识别算法。利用脚间距计算方法和动态身体分割方法,拟合出场景的转换参数,并以此估计出人运动情况下的 5 个肢体长度参数,使用标准的分类器进行分类。在中科院自动化所提供的 NLPR 数据库上做了大量仿真实验,结果表明本方法在人的行走方向相对于摄像机光轴的角度改变时仍然保持了较高的识别率。

**关键词** 生物特征识别, 步态识别, 多视角, 动态身体分割, 计算机视觉

**中图分类号** TP391.4

## A Multi-View Method for Gait Recognition Based on the Length of Body's Parts

PENG Zhang<sup>1</sup> WU Xiao-Juan<sup>1</sup> YANG Jun<sup>1</sup>

**Abstract** A multi-view method based on the length of body's parts is presented for gait recognition. Through distance-between-feet extraction and dynamic body labeling, we estimated the converter parameters of the surveillance scene and estimated five static body length parameters to denote gait signature. Experiments made on the NLPR database show that this method is quite effective in distinguishing identity, and has a high recognition rate even when the walking people are change directions.

**Key words** Biometrics, gait recognition, multi-view, dynamic body labeling, computer vision

### 1 引言

步态具有非侵犯性、难伪装性,不像指纹或虹膜识别在特征提取时需要与被识别目标保持近距离接触。一系列心理学实验和生物特性研究<sup>[1]</sup>证明,步态包含个体几乎唯一的特性。因此,步态是应用于远距离视觉监控领域最有潜力的生物特征。

早期的步态识别方法可以分为基于模型的方法和无模型方法。无模型方法是提取人行走时的运动或形状特征用于识别。例如 Amit Kale 等<sup>[2]</sup>利用侧面轮廓作为图像特征进行识别, Little 与 Boyd<sup>[3]</sup>从光流图像中获取频率和相位特征用于识别,王亮等<sup>[4]</sup>利用轮廓的解卷绕得到的一维信号,通过特征空间变换来提取低维步态特征用于识别。基于模型的方法是对人体建立静态模型或运动模型,将其与运动序列的每一帧进行匹配,提取模型的参数用于识别。例如 Cunado 等<sup>[5]</sup>将大腿建模为链接的钟摆,并从其倾斜角度信号的频率分

收稿日期 2005-8-16 收修改稿日期 2006-4-6

Received August 16, 2005; in revised form April 6, 2006

国家自然科学基金(60675024),山东省科技发展计划项目(2005GG4201010)资助

Supported by National Natural Science Foundation of P. R. China (60675024), Science and Development Project of Shandong Province (2005GG4201010)

1. 山东大学信息科学与工程学院 济南 250100

1. School of Information Science & Engineering, Shandong University, Jinan 250100

DOI: 10.1360/aas-007-0210

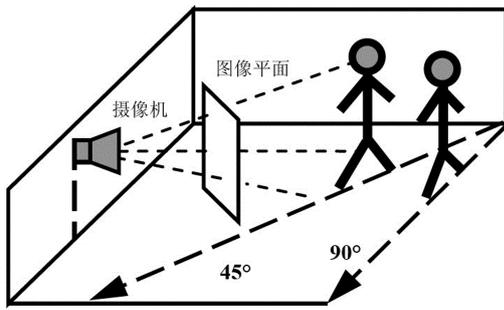


图 1 场景示意图  
Fig. 1 The scene

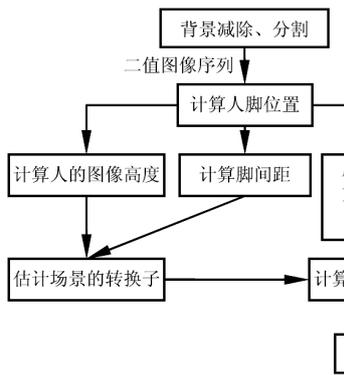


图 2 方法流程图  
Fig. 2 The flowchart of the algorithm

量中获取步态特征. Lee<sup>[6]</sup> 采用 7 个椭圆表示人的侧面二值图像, 通过模版匹配获取椭圆参数进行识别.

值得注意的是, 传统的步态识别方法一般都是在侧面视角下进行的, 算法评估也都是在较小样本数据库上进行的, 虽然识别率较高, 但不能应用于现实的场景. 在本文中, 我们提出一种可用于现实场景多视角情况下的步态识别算法, 根据人行走时提取的肢体长度参数如头高、身高、跨距、腿长等所具有的天然的与视角无关的特性, 组成特征向量, 使得可进行多视角情况下的步态识别.

本算法适用于机场、车站等摄像机可秘密地水平固定的特定场景, 如图 1 所示. 算法的流程如图 2 所示, 首先获得运动区域, 在特征建立阶段, 在人的脚间距最大时计算人的图像高度和垂直位置, 用曲线拟合方法得到场景转换参数. 在识别阶段, 使用动态身体分割方法计算图像中的肢体长度参数, 结合场景转换参数求出 5 个肢体长度参数的实际估计. 以此作为步态特征, 以欧氏距离作为度量, 使用标准模式分类器进行训练和识别. 我们在中科院 NLPR 数据库上做了算法评估, 结果表明本算法在摄像机视角改变时具有较高的识别率.

## 2 特征提取

### 2.1 步态检测与跟踪

1) 基于算法复杂性和有效性的考虑, 采用中值法恢复背景, 即将视频中同一位置不同帧的像素灰度排序后的中间值

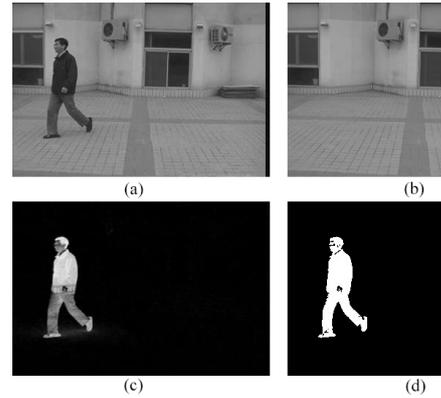


图 3 背景减除和分割  
(a) 原始图像 (b) 背景图像 (c) 减除结果 (d) 二值图像  
Fig. 3 Background subtraction & segmentation  
(a) The original frame (b) The background (c) The result of subtraction (d) The silhouette

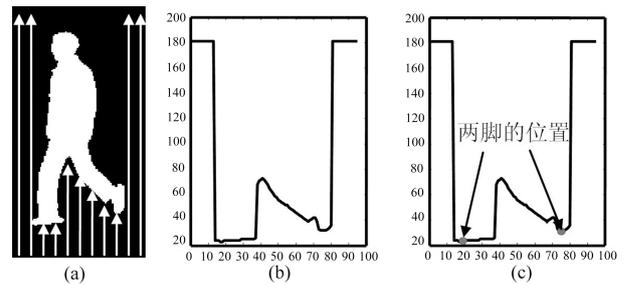


图 4 人脚位置计算  
(a) 搜寻轮廓下边沿 (b) 距离信号 (c) 求两个最小波谷  
Fig. 4 The computation of the feet positions  
(a) Search the low marginal (b) The distance signal (c) The minimum point & penultimate minimum point

作为当前位置背景的灰度. 即

$$A_{ij} = \text{Median Sort } F_{ij}^1, F_{ij}^2, \dots, F_{ij}^M \quad (1)$$

2) 对当前帧和背景进行差分, 对差分图像直方图均衡, 使用迭代阈值法<sup>[7]</sup>进行二值化, 最后用开闭运算去除空洞和孤立点分割出当前图像中运动的像素, 结果如图 3 所示.

### 2.2 估计人脚位置

为去除人体运动方向的任意性引入的视角误差, 提取人体轮廓下沿到图像底边的一维距离信号<sup>[8]</sup>, 并求其最小值和次最小值作为两脚的位置, 脚间距由两脚的欧氏距离计算得出, 如图 4 所示.

### 2.3 计算人的图像高度和场景的转换参数

在非侧面视角下, 视角因素使得两脚位置存在高度差. 在脚间距最大时刻, 使用两脚中点到头部的垂直距离作为人体的图像高度  $H_I$ , 由两脚中点到图像底边的距离作为人脚位置  $Y_{feet}$ , 如图 5 所示, 然后由 (2) 式计算不同  $Y_{feet}$  时的场景转换参数, 每一步态序列得到一个以图像序列总帧数为大小的一维向量.

$$\text{Convertor} = H/H_I \quad (2)$$

由场景的几何分析 (见图 6) 可知, 可以使用曲线方程 (3) 拟

表 1 两种视角下的步态特征 GS (cm)  
Table 1 The gait features GS under two viewpoints (cm)

类别	侧面视角	45° 视角
Syj	(22.63, 52.32, 82.53, 163.60, 135.81)	(22.32, 52.67, 81.93, 163.80, 139.45)
Hy	(23.75, 45.62, 86.84, 164.35, 136.62)	(23.52, 45.96, 87.39, 164.83, 141.28)
Wq	(25.21, 49.67, 95.48, 176.27, 150.77)	(24.89, 49.80, 94.96, 175.92, 147.74)
Ljq	(24.63, 53.32, 92.12, 175.83, 155.52)	(24.56, 53.86, 92.68, 175.72, 144.27)
Wyc	(23.41, 58.32, 97.53, 178.82, 164.75)	(23.72, 58.12, 96.54, 178.34, 162.75)
Xch	(24.23, 58.60, 92.86, 174.64, 174.09)	(24.36, 58.32, 93.33, 174.62, 173.34)
Xxj	(23.13, 52.45, 82.53, 164.54, 148.61)	(23.60, 52.67, 87.93, 164.48, 143.13)

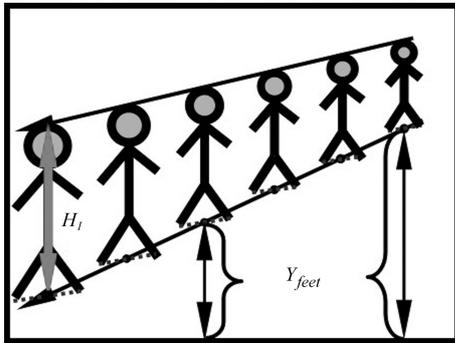


图 5 计算人体的图像高度和人脚的垂直位置  
Fig. 5 Image height of the body and vertical positions of feet

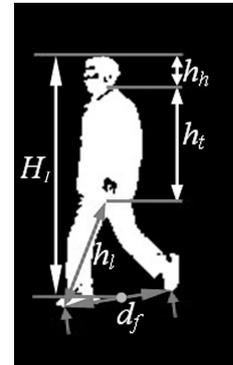


图 8 身体分割标记  
Fig. 8 Body labeling

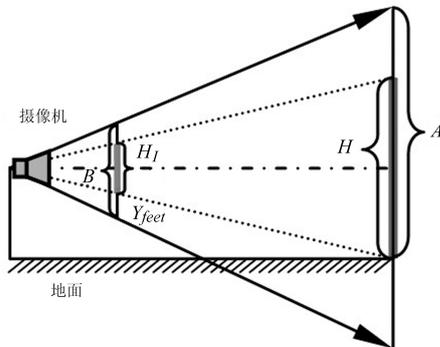


图 6 场景的侧面几何分析  
Fig. 6 The geometric analysis of the scene

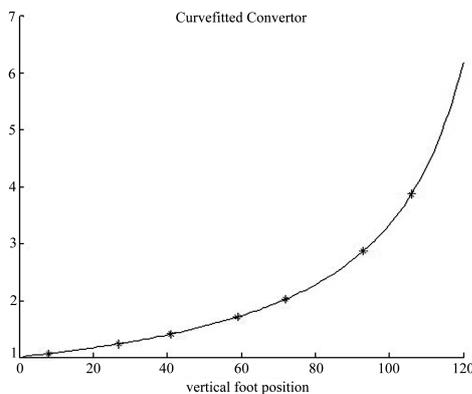


图 7 曲线拟合  
Fig. 7 Curve fitting

合脚间距非最大时刻的转换参数, 结果如图 7 所示.

$$\text{Convertor } Y_{feet} = A / B - Y_{feet} \quad (3)$$

### 2.4 动态身体分割方法

本算法在训练和识别阶段需要知道头高  $D_h$ 、颈部与髋部的距离  $D_{hp}$ 、髋部与脚的距离  $D_{pf}$ 、跨步身高  $D_{hf}$ 、一个周期内的跨距  $D_{ff}$  等肢体长度参数, 考虑不同人的身体比例的差别, 使用动态的方法对身体分割标记.

首先对二值图像序列的兴趣区域 (Region of interest, ROI) 进行归一化, 对每一帧水平方向求和并进行平滑处理, 然后对此信号求导可找出颈部, 对不同位置的振幅设定阈值可找出髋部, 然后根据已知的两脚位置用欧氏距离计算图像 (见图 8) 中头的高度  $h_h$ 、躯干的高度  $h_t$ 、两腿的长度  $h_{l1}$ 、 $h_{l2}$  (取最大值为  $h_l$ ), 与人的图像高度  $H_I$  和一个周期内的脚间距  $d_{feet}$  之和  $d_{ff}$  组成共 5 个参数.

### 2.5 计算各部分的实际长度

根据不同人脚位置的场景转换参数, 由 (4) 式计算出同一步态序列所有脚间距最大时刻的肢体实际长度并取平均值, 作为步态识别的特征向量  $GS$ ,  $GS$  是一种结构上的特征, 由于在提取特征时考虑了视角因素, 具有在各个视角的通用性.

$$\begin{aligned} GS &= [D_h, D_{hp}, D_{pf}, D_{hf}, D_{ff}]^T \\ &= \text{Convertor } Y_{feet} \cdot [h_h, h_t, h_l, H_I, d_f]^T \end{aligned} \quad (4)$$

## 3 实验结果与分析

我们针对 NLPR 数据库的 20 个人共 240 个步态序列做了大量实验, 表 1 给出数据库中 7 个人分别在侧面视角下和

45° 视角下得到的实际的肢体参数,可以看出同一人的两个值非常接近,说明本算法在这两种视角下提取的特征一致,因此在一定程度上克服了视角对特征提取造成的影响。

使用 NN、KNN、ENN 方法和留一交叉验证法估计识别率,得出了算法的正确分类率 (Correct classification rate, CCR), 如表 2 所示。

表 2 算法正确分类率 (CCR)

Table 2 The correct classification rates of the algorithm (CCR)

分类器	CCR %
NN	78.50
KNN ( $K = 3$ )	83.33
KNN ( $K = 5$ )	86.67
ENN	92.50

可以看出, 算法使用 ENN 的分类性能要比使用 KNN 好, 这表明每个人在不同视角的步态存在差别, 单一样本序列不如对多个样本序列取平均后得到的分类样本更准确的反映人的步态模式。

算法使用了中科院 NLPR 数据库作测试, 与文献 [4] 的算法有一定可比性。两种算法使用 ENN 分类器都获得了最好的识别性能, 相比较而言, 文献 [4] 给出了在侧面视角下 93.75% 的识别率, 但是其在正面视角下的识别率仅有 75%, 更重要的是没有考虑各种视角综合时的情况, 而本文算法在考虑到视角因素后得出的正确分类率 CCR 为 92.5%, 比文献 [4] 算法的侧面视角的 CCR 略低, 但是比其正面、侧面和 45° 视角情况下 CCR 均值 83.33% 要高得多, 并具有多视角识别的优势。因此, 本文的步态识别算法在总体性能上要优于文献 [4] 的算法。

#### 4 结论

本文提出了一种基于肢体长度参数的多视角步态识别算法, 肢体长度参数特征反映了人体的固有属性, 其选择简单, 易于理解和实现。与以往的方法相比, 本文的算法虽然也是基于模型方法进行的扩展, 受限于图像分割的准确度, 但是具有在多视角情况下进行识别的优势。大量的性能测试和评估工作表明此算法可获得令人满意的识别性能。应该指出, 我们所做的工作是在特定场景下进行的, 没有考虑多目标、遮挡等问题带来的影响。利用 3D 人体建模和跟踪、多摄像机信息融合、寻求更有效的步态特征和分类器以及在更大规模的数据库进行算法性能测试等都将是未来研究发展的方向。

#### References

- Johansson G. Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 1973, **14** (2): 201~211
- Kale A, Sundaresan A, Rajagopalan A N, Cuntoor N P, Roy-Chowdhury A K, Kruger V, Chellappa R. Identification of humans using gait. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2004, **13**(9): 1163~1173
- Little J, Boyd J. Recognizing people by their gait: the shape of motion. *Journal of Computer Vision Research*, 1998, **1**(2): 2~32
- Wang L, Tan T N, Ning H Z, Hu W M. Silhouette analysis-based gait recognition for human identification. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2003, **25**(12): 1505~1518
- Cunado D, Nixon M S, Carter J N. Automatic gait recognition via model-based evidence gathering. In: Proceedings of

AutoID99: IEEE Workshop on Automated ID Technologies Summit. 1999. 27~30

- Lily Lee. Gait Analysis for Classification, AI Technical Report 2003-014. Massachusetts Institute of Technology - Artificial Intelligence Laboratory. June 2003
- Zhang Yu-Jin. *Image Segmentation*. Beijing: Science Press, 2001. 48~48  
(章毓晋. 图像分割. 北京: 科学出版社, 2001. 48~48)
- BenAkdelkader, Cutler R, Davis L. View-invariant estimation of height and stride for gait recognition. In *Workshop on Biometric Authentication ECCV*, 2002, 155~167

**彭 彰** 2006 年于山东大学获得通信与信息系统专业工学硕士学位, 主要研究方向为图像处理与模式识别. E-mail: pengzhang@sdu.edu.cn (**PENG Zhang** Received his master degree in communication & information system from Shandong University in 2006. His research interests include image processing and pattern recognition.)

**吴晓娟** 山东大学信息科学与工程学院教授、博士生导师, 主要研究方向为图像处理、智能信息处理、模式识别和计算机视觉等。本文通信作者. E-mail: xiaojwu@sdu.edu.cn (**WU Xiao-Juan** Professor in the School of Information Science & Engineering at Shandong University. Her research interests include image processing, intelligence information processing, pattern recognition, and computer vision. Corresponding author of this paper.)

**杨 军** 2006 年于山东大学获得通信与信息系统专业工学硕士学位, 主要研究方向为图像处理与模式识别. E-mail: yangjun@sdu.edu.cn (**YANG Jun** Received his master degree in communication & information system from Shandong University in 2006. His research interests include image processing and pattern recognition.)