

用行人轮廓的分布直方图分类和识别步态

陈实^{1,2} 马天骏² 高有行²

¹(浙江万里学院设计学院 浙江宁波 315100)

²(西安电子科技大学计算机学院 西安 710071)

(schen@mail.xidian.edu.cn)

Gait Recognition Using Distributions of Silhouette Feature

Chen Shi^{1,2}, Ma Tianjun², and Gao Youxing²

¹(Faculty of Design, Zhejiang Wanli University, Ningbo, Zhejiang 315100)

²(School of Computer Science and Technology, Xidian University, Xi'an 710071)

Abstract Vision-based human identification at a distance in surveillance has recently gained more attentions. Gait has the advantages of being non-invasive and difficult to conceal, and is also the only perceivable biometric at a distance. This paper introduces a novel feature representation method for gait analysis and recognition applications. The method includes following steps: first, silhouette extraction is performed for each image sequence. Secondly, the distributions of sampled points from the human local silhouette are analyzed and the gait cycle is detected by a histogram-based approach. Thirdly, by tiling and dispersing all image frames across one gait cycle in a two-dimensional plane along a ring frame by frame at a fixed interval, a contextual stances appearance model is built. The gait appearance model consists of the structural information of the individual silhouette and contextual silhouettes centered at the current frame in the polar-plane. With a designed invariant histogram-based descriptor, the gait appearance characteristics are described as a sequence of shape distributions. These distributions are finally used to achieve gait recognition based on Jeffrey divergence matching criterion and dynamic time warping technology. Recognition capability is illustrated by an 87.59% CCR on Soton database and the result shows that our approach outperforms existing methods.

Key words gait recognition; behavioral biometrics; gait analysis; human silhouette; shape matching; distributions

摘要 现有的步态识别方法对行人轮廓匹配的鲁棒性差,识别率不高.提出了一种基于轮廓直方图分布的行人步态识别方法.首先提取行人二值轮廓序列;然后通过人体局部轮廓的点分布直方图获取步态周期;继而构造表达帧间关系的周期步态平面,设计一种直方图分布的描述子获得帧姿态特征值,计算出姿态轮廓特征分布间的Jeffery距离,结合动态时间规整技术获取了测试序列和参考序列间的匹配相似度,最终完成了识别.在Soton步态数据库上进行了实验,提出算法的正确识别率可达87.59%,与相关文献的对比分析表明算法是有效的.

关键词 步态识别;行为特征;步态分析;行人轮廓;形状匹配;直方图分布

中图法分类号 TP391.41

步态识别是指从有限的图像序列中寻找和提取行人的特征,进而通过匹配和分类判定或确认其身份.与指纹、足印和人脸等生物特征识别不同,步态识别具有对影像分辨率要求低、能够远距离识别、无需和被测对象接触与合作、被测对象难以伪装等特点,它在远距离视觉监控系统、智能人机交互、医学诊断、动画制作和视频传输等有广泛的应用前景,近年来成为计算机视觉领域一个热点问题.

步态识别的关键是特征的提取和匹配过程.基于行人图像序列间的轮廓特征匹配方法因为其数据的可适应能力和识别的可靠性,逐渐成为步态识别的主流.步态的轮廓特征由静态和动态两方面基本特征构成,静态特征着眼于单帧图像的形状特点,动态特征则研究各帧图像间的关系.现有的轮廓静态帧特征匹配方法有:文献[1]直接比较轮廓外形间的互相关统计量,文献[2]提出了轮廓的解卷绕,用轮廓边缘的矢量变分将边缘信息编码成一维形式.这类方法反映了瞬间的几何度量,特征没有蕴含时间刻度信息,而且现有方法不能捕捉特定形状细节而导致对于局部不相似度的区分能力小,正确分类率不高;轮廓动态特征方法则同时分析空间维和时间维信息,着眼于建立整个周期序列的特征模型,如文献[3]对整个序列的轮廓边缘作离散傅立叶变换得到序列的时变傅立叶描述量,匹配程度由傅立叶谐波各分量的距离度量.这类方法大多提取的特征信息损失大,识别精度不高.此外,文献[4]计算了整个图像序列每个像素点处摆动的幅值和摆动时刻的相对同步量(相位),构造出视频锁相环同步相图vPLLs(video phase-locked loops)作为识别个人的特征矢量,然后计算 Procrustes 距离比较序列间的相似度.vPLLs的构造复杂,计算量大.

本文将两种特征的研究结合起来,在设计了一种直方图描述的信号实现周期检测后,分别提取静态的单帧轮廓特征和动态的帧间的变化特征,通过一个基于直方图分布的形状特征描述子,合并两类特征得到步态特征.最后,采用 Jeffrey 距离准则和动态时间规整技术度量步态序列间的匹配相似度进而实现步态识别.

1 本文提出的算法

本文提出的步态识别算法由4个模块组成:人体轮廓检测和预处理、步态周期检测、步态特征建模、匹配与分类.

1.1 人体轮廓检测和预处理

假定摄像机静止且仅受测对象运动、背景图像

已知,采用如下步骤进行序列图像中人体轮廓的检测和预处理.

1) 目标检测与背景分割:用差分法检测序列图像中的目标行人设定阈值、二值分割帧图像,分割出前景和背景;

2) 阴影去除:对分割出的帧图像前景,采用变化蒙版法计算它与背景之间归一化的各色彩通道亮度差值,设定阈值,去除前景中的阴影区域;

3) 后处理:首先用腐蚀和膨胀形态学算子滤除噪声,然后用连通性分析算法填充孔洞,最后通过对局部区域再次去除阴影增强身体重要部位的轮廓;

4) 轮廓提取:采用内边界跟踪算法提取整个图像序列中行人的轮廓;

5) 序列水平对中:忽略位移信息,以人体轮廓区域的垂直中心线作为主轴,将所有图像轮廓水平居中对齐;垂直方向仍保持原始图像的高度.以此作为步态研究的原始轮廓序列.

对于图1(a)所示的原始图像提取出的行人轮廓图像如图1(b)所示:

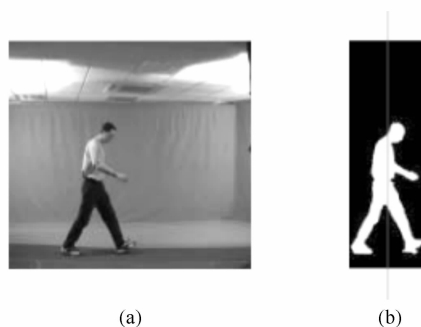


Fig. 1 Silhouette extraction. (a) Original image; (b) Silhouette result (Images from Soton database).

图1 提取行人轮廓.(a) 原始图像;(b) 最终结果(数据来源:Soton 步态库)

1.2 步态周期检测

正常人体行走呈现的周期性是步态有别于其他运动方式的最大特点.典型的步态周期性检测方法有正则化图像外接矩形框的宽高比变化分析^[5]、傅立叶频谱分析^[3]、图像序列的相关性分析^[6]等.这些方法通常将周期性步态看做是线性平稳的,然而最近的医学步态分析研究表明行走不是线性平稳过程^[7].为此,我们抛弃线性平稳的假定,直接利用步态变化中最明显的下肢变化,对关键运动区域采用直方图分布的分析方法检测步态周期.

我们通过实验发现,不同采样时的不同人或者同一人步速存在差异,一个典型步态周期的图像长

度在 24~35 帧(视频采样速率为 25 帧/秒). 任取视频图像序列的子序列 $\{X_i^* | i=1, 2, \dots, 35\}$, 以该子序列中所有行人轮廓区域的外接矩形框作为图像区域, 令其宽度和高度分别为 W^* 和 H^* . 在图像区域自底而上的 $1/4$ 高度内, 等量水平分割成 3 个区. 随机采样各图像 X_i^* 的行人轮廓边缘为点集 $\{Q_m^i | m=1, 2, \dots, M\}$, 其中 M 是指定的采样点数. 示例如图 2(a) 所示. 计算各区累计轮廓点数, 得到相应的点分布直方图, 自左向右分别为 $h_l(i)$, $h_c(i)$ 和 $h_r(i)$. 设定运动信号 $S(i)$ 如式(1)所示:

$$S(i) = \begin{cases} \frac{h_{l_r}(i) - h_c(i)}{\max(h_{l_r}(i), h_c(i)) + |h_l(i) - h_r(i)|}, & \text{if } h_{l_r}(i) \neq 0, \\ -\frac{u}{h_c(i)}, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (1)$$

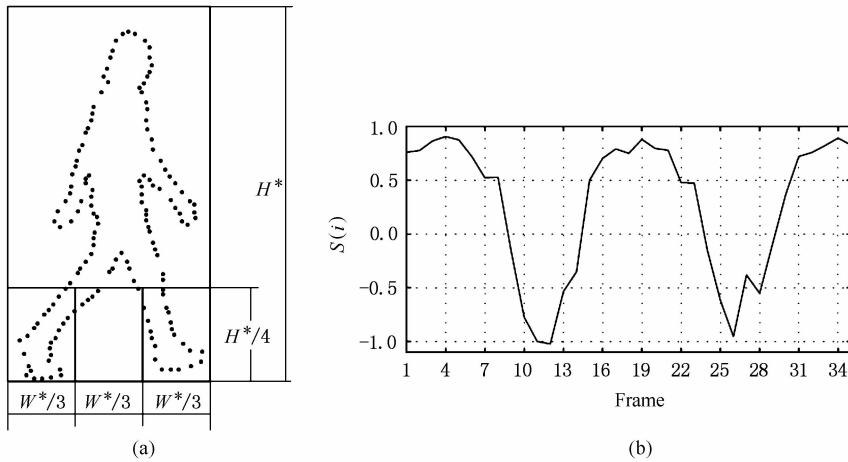


Fig. 2 Gait cycle determination. (a) Sample and bins and (b) Variation of the signature over frame number.

图 2 步态周期检测。(a) 序列中的图像区域、轮廓点集和直方图计算区域;(b) 运动信号随时间的变化

1.3 步态特征建模

步态特征由动静态两类特征合成得到: 首先建立帧图像中行人轮廓表达模型, 提取出单帧轮廓特征; 然后构造一个周期性步态图像平面, 建立相邻帧间的轮廓关系表达模型, 提取出帧间的变化特征。

1.3.1 轮廓外观特征分布模型的建立

定义包含周期序列 $\{X_n\}$ 图像区域的最小外接圆 C , 直径 $D = \sqrt{W^2 + H^2}$. 取第 n 帧图像 X_n 的轮廓边缘为采样点集 $\{Q_m^n | m=1, 2, \dots, M\}$, 以参考圆 C 最低点为起点, 沿逆时针方向均匀采样得到控制点集 $\{P_j | j=1, 2, \dots, J\}$, J 为控制点数. 以某一控制点 P_j 为参考点, 自 P_j 到 Q_m^n 的 M 个向量构成向量

其中, $h_{l_r}(i) = h_l(i) + h_r(i)$, $u = \max(h_c(i))$.

如图 2(b) 所示, 运动信号 $S(i)$ 的变化反映了步态的周期性运动: 信号的波峰处对应于双足支撑地面时刻的姿态, 波谷处对应于单足站立、双腿并拢时刻的姿态. 由于足部接触地面时受力的影响, 信号在波峰处抖动明显, 波谷处则未受此影响, 因此选取某波谷处作为参考起始帧, 基于左右脚的近似对称性, 提取出包含两个信号周期的一个完整周期图像序列, 求出步态周期序列图像区域, 令其宽度和高度分别为 W 和 H , 得到图像序列 $\{X_n | n=1, 2, \dots, N\}$, N 是一个周期的图像帧数. 因为受光照、阴影和噪声的影响, 轮廓边缘在垂直方向上的误差较大, 序列轮廓高度归一化会丢失大量的动静态信息, 所以不像大多数方法, 我们没有以帧图像的人体轮廓高度中心对齐, 也不对轮廓高度作归一化处理。

集 P_m . 建立以 P_j 为中心、半径 $R=D$ 的圆. 在此局域内, 沿径向均匀地等分 r 段, 沿圆周方向等分 φ 份, 形成扇状模板. 向量集 P_m 内各向量的空间分布转化为模板上各扇区(bin)内的点数. 累计各扇区点数得到关于点 P_j 的分布直方图, 直方图中第 k 个元素的计算公式为:

$$h(k) = \# \{Q_m^n : (Q_m^n - P_j) \in bin(k)\}, \quad (2)$$

其中, $\#$ 表示累积点的计数, $bin(k)$ 表示第 k 个扇区, $k \in \{1, 2, \dots, K\}$, $K = r\varphi/2$. 示例如图 3 所示, 图中取 $\varphi=32$, $r=6$. 点集 $\{P_j\}$ 内各点的轮廓描述直方图矢量依序合并, 构成了关于第 n 帧图像的轮廓形状外观模型, 记为 h_n .

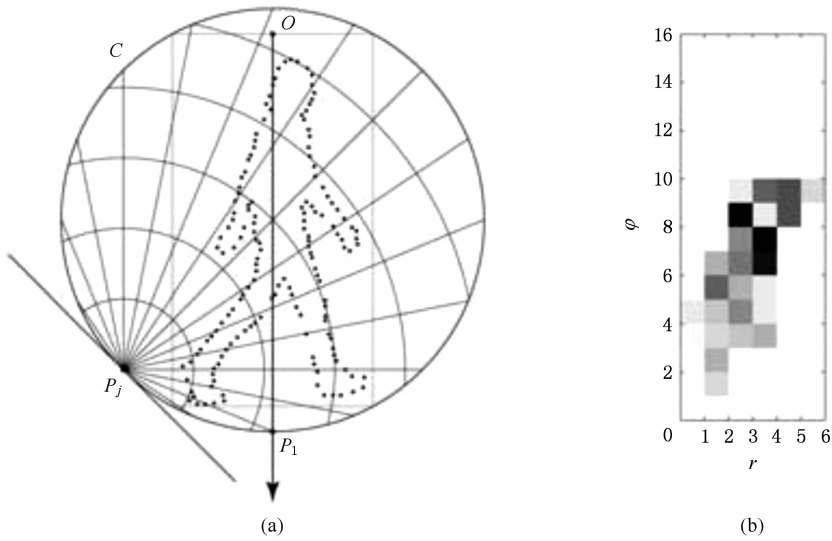


Fig. 3 Illustration of the silhouette descriptor. (a) Diagram of the polar histogram bins; (b) Example histogram for samples of the control point P_j in (a). (Dark=large value).

图3 轮廓外观特征分布. (a) 极坐标直方图扇区模板示意; (b) 基于控制点 P_j 的直方图分布

1.3.2 帧间姿态外观特征分布模型的建立

周期运动在空域中可以表达为复平面上的相变,运动的等时间间隔变化转换成绕中心的等弧度旋转.设有平面的任一圆 C_1 ,极轴正向取竖直向下,若在圆 C_1 上以固定弧度间隔 θ 逆时针方向顺序标记 N 个点, $\theta = 2\pi/N$,则周期步态序列 $\{X_n\}$ 各帧与索引点一一对应.将图像区域的顶部中心置于索引点处,沿其主轴方向径向平铺各帧图像,形成 N 个图像围成的步态周期序列平面,从而一个行走周期的轮廓图像在一个二维空间表达出来.索引点分析不仅描述了步态周期长度,还描述了各姿态在平面的位置关系.

为了避免各帧图像之间相互重叠,包围圆 C_1 的半径 R 必须满足式(3)的条件:

$$R = \frac{W}{2} \text{ctg}\left(\frac{\theta}{2}\right). \quad (3)$$

包含整个周期序列 $\{X_n\}$ 图像区域的最小圆 C_2 由式(4)求得:

$$R' = \sqrt{(H+R)^2 + \left(\frac{W}{2}\right)^2}. \quad (4)$$

若各轮廓图像在各自的极坐标系上以图像区域的顶部中心为极点,主轴为极轴,设各采样点坐标为 $v_i = (\rho, \alpha)$,经过投影变换,在周期步态图像极坐标平面下的新坐标值 $v_g = (\rho', \alpha')$ 为

$$\begin{cases} \rho' = \sqrt{\rho^2 + R^2 + 2\rho R \cos \alpha}, \\ \alpha' = (n-1)\theta + \arcsin\left(\frac{\rho \sin \alpha}{\rho'}\right). \end{cases} \quad (5)$$

显然,旋转变换大大提高了计算复杂度,也带来了大量的计算误差,实现困难.由于运动特征产生于帧间的轮廓形变,用平面内分区域描述的帧间信息作为动态特征是充分的.

在周期步态图像平面上,将第 n 帧图像 X_n 的主轴对齐到极轴,前后帧 X_{n-1} 和 X_{n+1} 分布在该帧两侧.仍采用轮廓直方图模板建立帧间轮廓描述的直方图.控制点从弧段 $(-\theta/2, 0)$ 在圆 C_2 上等距离选取,得到直方图分布 h_n^- ,分布 h_n^- 暗示了捕捉第 n 帧 X_n 与前一帧 X_{n-1} 之间的关系,如图4所示;同理,在 $(0, \theta/2)$ 的区间内,控制点对应的直方图分布 h_n^+ 捕捉的主要是 X_n 与后继帧 X_{n+1} 之间的关系.两区间控制点的数目分别取 $T/2$,得到两组基于控制点的直方图分布表达了帧间的上下文信息.这样,在获取动态变化分布量的同时,尽可能保留了原始信息.

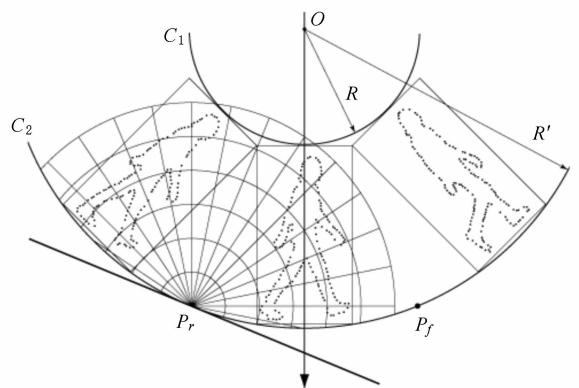


Fig. 4 Illustration of the contextual silhouettes descriptor.

图4 帧间轮廓的外观描述示意

1.3.3 步态特征模型的建立

由周期子序列第 n 帧图像处姿态轮廓的局部静态特征和它与相邻帧之间的运动特征, 定义 X_n 的外观模型 \mathbf{H}_n , $\mathbf{H}_n = [\mathbf{h}_n^-, \mathbf{h}_n, \mathbf{h}_n^+]$, 向量长度 $L = (J + T)$. 分别考察所有 N 个状态就获得了步态特征.

与用于图像检索的形状上下文(shape context)^[8]相似, 构造的步态特征用形状的分布直方图描述, 方法的优点在于对变换的鲁棒性好、高分度和丰富的描述能力. 不同于形状上下文的是, 步态特征的形状描述子针对行人轮廓, 顺序选择参考点, 无需进行点集间统计和比对, 计算量小, 容易实现.

从分析直方图特征分布 \mathbf{H}_n 的不变性可见: 所有涉及的距离关系都是关于参考点的相对量, 故轮廓外观模型 \mathbf{h}_n 是平移不变的; 归一化外接矩形框 W 和 H , 不仅使得帧间的外观模型 \mathbf{h}_n^- 和 \mathbf{h}_n^+ 也是平移不变的, 而且也保证了整个姿态外观模型 \mathbf{H}_n 的尺度不变性; 旋转每个控制点的极坐标系, 使得极轴与切矢量在一条直线上, 保证了 \mathbf{H}_n 的旋转不变性.

特征建模算法需求的最大存储空间为 LKN , $LK \ll WH$, 空间复杂度要小得多; 轮廓外观特征分布建模的时间复杂度为 $O(JM)$, 帧间外观特征分布建模的时间复杂度为 $O(TM)$. 选取适当的采样点数, 总时间复杂度也大大小于 $O(M^2)$.

1.4 匹配与分类

特征分布之间的比较通过 Jeffrey 距离准则实现, 设参考样本周期子序列第 i 帧和测试样本周期子序列第 j 帧之间的特征距离为 $d(i, j)$, Jeffrey 距离公式如下:

$$d(i, j) = dis(\mathbf{H}_i, \mathbf{H}'_j) = \sum_{k=1}^L h_k \log \frac{2h_k}{h_k + h'_k} + h'_k \log \frac{2h'_k}{h_k + h'_k}, \quad (6)$$

式中, h_k 和 h'_k 分别是直方图 \mathbf{H}_i 和 \mathbf{H}'_j 的第 k 个值. 相对于 Kullback-Leibler 距离准则, Jeffrey 距离准则更加稳定^[9].

由于两个待比较步态周期子序列的长度通常不相等, 如果对于测试序列中每个姿态都在参考序列中根据最近距离匹配, 往往会出现动作匹配误对应. 我们采用动态时间规整(dynamic time warping, DTW)技术来解决该问题^[10]. DTW 概念简单, 算法鲁棒, 即使测试序列模式与参考序列模式的时间尺度不一致, 只要时间次序的约束存在, DTW 仍能较好地完成测试序列和参考序列之间的模式匹配.

DTW 的思想如下: 设矩阵为 \mathbf{D} , 矩阵中每个元素定义为

$$\mathbf{D}(i, j) = d(i, j) +$$

$$\min_{p(i, j)} \{D(p(i, j)) + T((i, j) \times p(i, j))\}, \quad (7)$$

式中, $p(i, j)$ 是 (i, j) 可能的序运动匹配; $T((i, j) \times p(i, j))$ 表示从 $p(i, j)$ 跳转到 (i, j) 的代价. 取 $(i-1, j)$, $(i-1, j-1)$ 和 (i, j) 作为可选的 $p(i, j)$, 根据式(7)得到当前 (i, j) 的最佳转换路径, 从路径左下角到右上角的最短代价即为最佳变形路径, 从而得到两序列的整体匹配.

由于本文的目的是评估步态特征的区分能力, 我们没有用复杂的分类器, 而是采用最近邻分类器(nearest neighbor classifier, NN), 将每个测试序列分类到匹配相似度最佳的参考序列所属的类中. 自然, 更成熟的分类器会进一步提高识别性能.

2 实验及数据

我们在 Soton 步态数据库^[11]上进行了实验. Soton 库由英国南安普敦大学(University of Southampton)建立, 是现有样本较大的步态库. 视频采样在室内环境下完成, 公开的数据库有 115 人共 2128 个序列. 行人行走方向与摄像机垂直, 行走方向分别有自左向右和自右向左两类. 为简化起见, 将自右向左运动的图像镜像为自左向右, 使得所有序列方向保持一致.

2.1 分类识别性能

算法测试采用留一校验(leave-one-out cross validation)规则, 在步态库中每次留出一个参考序列作为测试序列, 依据与余下参考序列的相似性来分类该测试序列; 算法性能采用累积匹配度(cumulative match scores, CMS)和正确分类率(correct classification rate, CCR)两个指标评估. CMS 定义为一个测试度量的实际类别在它的最前 k 个匹配值之间的累积概率, CCR 等价于 $k=1$ 时的 CMS. 实验结果的 CMS 如图 5 所示:

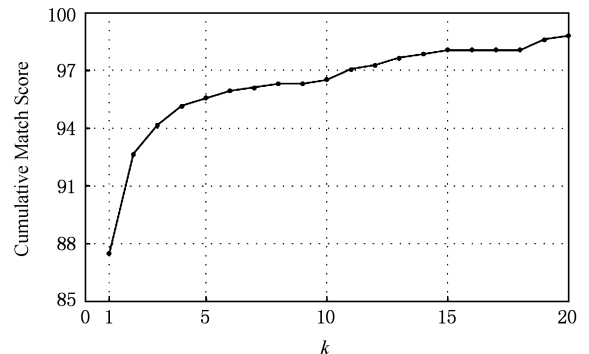


Fig. 5 Cumulative match scores.

图 5 累积匹配度

2.2 算法比较

在 Soton 数据库上, 本文的算法与相关文献中给出算法的 CCR 如表 1 所示:

Table 1 Comparison of Algorithms on Soton Database

表 1 Soton 库的实验结果比较

Methods	Number of Sequences	CCR(%)
Mowbray ^[3]	1062	84.53
Wagg ^[12]	2163	84
Boyd ^[4]		85.8
Our Method	2128	87.59

从表 1 可以看出, 我们提出的算法 CCR 为 87.59%, 与相关文献相比, 识别率有较大的提高, 因此, 我们提出的算法是有效的.

3 结 论

本文提出了一种基于行人轮廓的步态识别算法. 首先, 构造一种基于直方图的轮廓点分布特征检测出步态周期. 一个完整的周期序列的步态特征分割成单帧轮廓特征和帧间相关特征, 建立了一种周期步态平面来表达帧间关系, 提出一种直方图分布的描述子分别描述上述两种特征, 获得姿态特征值. 继而采用 Jeffrey 距离准则和 DTW 技术匹配测试序列和参考序列, 最后用最近邻分类达到识别目的. 在 Soton 步态库上进行了实验. 与现有文献相比, 我们提出的算法具有较高的识别率.

参 考 文 献

- [1] Sarkar S, *et al.* The humanid gait challenge problem: Data sets, performance, and analysis [J]. *IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2005, 27(2): 162-177
- [2] Wang Liang, Hu Weiming, Tian Tieniu. Gait-based human identification [J]. *Chinese Journal of Computers*, 2003, 26(3): 353-360 (in Chinese)
(王亮, 胡卫明, 谭铁牛. 基于步态的身份识别[J]. *计算机学报*, 2003, 26(3): 353-360)
- [3] Mowbray S D, Nixon M S. Automatic gait recognition via fourier descriptors of deformable objects [C] //Proc of the 4th Int Conf on Audio-and Video-Based Biometric Person Authentication. Berlin: Springer, 2003: 566-573
- [4] Boyd J. Synchronization of oscillations for machine perception of gaits [J]. *Computer Vision and Image Understanding*, 2004, 96(1): 35-59

- [5] BenAbdelkader C, Cutler R G, Davis L S. Gait recognition using image self-similarity [J]. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, 2004, (4): 572-585
- [6] Wang L, Tan T, Ning H, *et al.* Silhouette analysis-based gait recognition for human identification [J]. *IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2003, 25(12): 1505-1518
- [7] Peng C, Hausdorff J, Goldberger A. Fractal mechanisms in neural control; Human heartbeat and gait dynamics in health and disease [G] //Walleczek J ed. *Self-Organized Biological Dynamics and Nonlinear Control*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000
- [8] Belongie S, Malik J, Puzicha J. Shape matching and object recognition using shape contexts [J]. *IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2002, 24(4): 509-522
- [9] Puzicha J, Buhmann J M, Rubner Y, *et al.* Empirical evaluation of dissimilarity measures for color and texture [C] //Proc of the 7th IEEE Int Conf on Computer Vision. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 1999: 1165-1172
- [10] Zhao Guoying, Li Zhenbo, Deng Yu, *et al.* Human motion recognition and simulation based on retrieval [J]. *Journal of Computer Research and Development*, 2006, 43(2): 368-374 (in Chinese)
(赵国英, 李振波, 邓宇, 等. 基于检索的人体运动识别和模拟[J]. *计算机研究与发展*, 2006, 43(2): 368-374)
- [11] Shutler J D, Grant M G, Nixon M S, *et al.* On a large sequence-based human gait database [C] //Proc of the 4th Int Conf on Recent Advances in Soft Computing. Nottingham, UK: The Nottingham Trent University, 2002: 66-71
- [12] Wagg D K, Nixon M S. On automated model-based extraction and analysis of gait [C] //Proc of the 6th IEEE Int Conf on Automatic Face and Gesture Recognition. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 2004: 11-16



Chen Shi, born in 1972. Currently a Ph. D. candidate in computer application of technology at Xidian University. Student membership of China Computer Federation. His research interests are computer vision, pattern recognition and motion image segmentation.

陈实, 1972年生, 博士研究生, 中国计算机学会学生会员, 主要研究方向为计算机视觉、生物特征识别及运动分析.



Ma Tianjun, born in 1977. Currently a Ph. D. candidate in computer application of technology at Xidian University. His research interests are digital image processing, motion image segmentation and computer vision.

马天骏, 1977年生, 博士研究生, 主要研究方向为数字图像处理、视频运动分析和计算机视觉.



Gao Youxing, born in 1938. Professor and Ph. D. supervisor of the College of Computer at Xidian University. His main research interests include computer graphics, digital image processing, computer vision and pattern recognition.

高有行, 1938年生, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为计算机视觉、计算机图形图像处理、模式识别等。

Research Background

Gait as a biometric is appealing because of its unobtrusiveness and information can be observed at a distance. Gait recognition and analysis are becoming increasingly important in the contexts of surveillance, intelligent user interfaces, etc. Over the past few years, significant progress has been made in terms of the diversity of gait recognition algorithms. Particularly, the techniques relying on the information feature contained in binary silhouettes of walking humans are of much interest since they do not presume the availability of any further information. Silhouette-based gait recognition methods can be classified into two basic categories: state-space methods and spatiotemporal methods. Our work is more closely related to the former. However, we emphasize the change of the feature spatial relationships over dynamics, rather than exploit the only attributes of the individual features. We introduce a histogram-based description which represents the appearance of gait as a combination of the distributions of the individual silhouette and the contextual stances. We employ Jeffrey divergence and dynamic time warping for measuring the similarity of the appearance models among detected moving figures. Furthermore, a histogram-based approach detects the gait cycle. The experimental results on Soton database demonstrate that the proposed approach has an encouraging recognition performance. Our work is supported by the National Science Foundation of Ningbo City under grant No. 2008A610011 and the Natural Science Foundation of Shaanxi Province under grant No. 2006F48.

第 4 届全国几何设计与计算学术会议征文通知 (CSIAM Geometric Design & Computing 2009)

2009年8月24—28日 中国 厦门

由中国工业与应用数学学会几何设计与计算专业委员会主办, 厦门大学承办的第 4 届全国几何设计与计算学术会议 (CSIAM Geometric Design & Computing 2009) 定于 2009 年 8 月 24—28 日在福建省厦门市召开。本次会议将以“几何设计和计算理论及其在工业中的应用”为主题, 结合工业设计中急需解决的关键问题和难点问题, 开展广泛的学术交流和讨论。

会议将特邀国内外著名专家学者就几何设计和计算的最新动态和热点问题作专题讲演和大会报告。热烈欢迎您参加这次全国性的几何设计与计算盛会! 会议即日起开始征文, 欢迎在高等院校、科研院所、企事业单位工作的各界人士积极投稿。

征文范围

投稿论文应反映在几何设计与计算及相关领域中有创见的理论和应用研究成果。

相关主题包括(但不限于):

曲线和曲面	细分曲面造型	几何计算中的偏微分方程	计算几何
CAGD 的数学基础	数字几何处理	CAD/CAM 技术及其应用	实体建模
几何限制求解	多分辨率建模	代数曲面在 CAGD 中的应用	散乱数据的处理
几何计算的稳定性			

同时也欢迎特定领域中应用几何计算所得到的研究成果, 这些领域包括:

逆向工程	网格生成	科学计算可视化	快速成型
机器人	医学图像	图像与视频处理	计算机视觉
科学计算	数字水印	基于图像的建模与绘制	离散微分几何
产品数据交换			

征文要求及重要日期

- 稿件应当未在国内外公开刊物及其他会议上发表过
- 要求电子投稿 (PDF 格式 或 Word 格式)
- 来稿请寄: gdc2009@xmu.edu.cn
- 论文递交截止日期: 2009 年 3 月 3 日; 论文录取通知日期: 2009 年 5 月 8 日
- 大会将出版正式论文集, 同时优秀论文将推荐到《计算机辅助设计和图形学学报》(EI 索引) 发表

会议联系地址

联系人: 厦门大学数学科学学院 曾晓明

邮政编码: 361005

电子邮件: gdc2009@xmu.edu.cn

会议网址: <http://math.xmu.edu.cn/GDC2009>