

基于腿部三角特征的贝叶斯步态识别方法

李熙熙, 李宏

LI Xi-xi, LI Hong

中南大学 信息科学与工程学院, 长沙 410083

School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China

E-mail: totocicisenru@163.com

LI Xi-xi, LI Hong. New method of gait recognition using Bayesian based on triangle feature of human leg. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(17): 195-197.

Abstract: This paper introduces a new method of gait representation and an improved Bayesian classification algorithm based on it at the same time. A triangle is applied to simulate the legs of key frame which has the maximal or minimal step, and extracts its parameters as the gait feature. KNN and a new N-best algorithm are used for test-data search the optimal numerical value from training data before Bayesian classification. The experimental results on the NLRP database show that the new method is not only simple and fast but also effective.

Key words: biometrics recognition; gait recognition; gait representation; Bayesian classification

摘要:提出了一种基于步态序列中腿部三角特征的步态表示方法,在这种特征上用改进的朴素贝叶斯分类方法进行步态识别。选取步幅最大、最小两种情况下的姿态作为关键帧,用三角形模拟其腿部特征,提取三角形模型参数作为步态特征,识别时先分别用KNN和一种改进的N-best取得属性值在训练数据中的对应数值,然后用贝叶斯分类方法识别。在NLPR数据库上使用留一校方法验证,实验证明该方法简单快速,而且取得了比较理想的识别效果。

关键词:生物特征识别;步态识别;步态特征;朴素贝叶斯

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2008.17.058 **文章编号:** 1002-8331(2008)17-0195-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP391

1 引言

生物特征识别技术是利用人自身所固有的生理或行为特征进行身份鉴别,步态识别作为一种生物特征识别技术就是根据人走路的姿势进行人的身份认证,其具有其他生物认证技术所不具有的独特优势,即在远距离或低视频质量情况下的识别潜力^[1],且步态难以隐藏或伪装等。例如,人脸识别技术受限于视频质量;指纹、虹膜等生物认证技术要求近距离或接触性的感知。相对于其他生物识别技术步态识别一个可能存在的问题是,如果步态数据库非常大,步态信息并不足以鉴别每一个个体。即使如此,步态仍能作为一种索引工具去缩小可能目标的搜索范围^[2]。因此近年来步态识别引起了各国学术科研机构的重视,取得了一系列的探索性的研究成果。

目前,步态识别问题的研究方法大致可以分为基于结构模型和基于整体特征两大类。基于结构模型的方法是首先对人体结构进行建模,通过提取模型的某些参数作为步态特征进行识别。Lee等^[3]采用7个椭圆表达人的侧面二值化图像身体的不同部分,通过模板匹配方法进行步态识别。Zhang等人^[4]利用5棒模型对人体进行建模和特征提取,并利用隐马尔科夫模型进行识别。Cunado等在文献[5]中将大腿建模为链接的钟摆,并从

其倾斜角度信号的频率分量中获取步态特征。基于整体特征的方法则是直接从人体图像中提取出步态的特征数据用于步态识别。Amit Kale^[6]等人利用人的二值化图像的侧面外轮廓作为图像的特征,在识别的过程中计算一个步态序列的每一帧与标本集合之间的所谓的FED矢量,采用HMM进行步态识别。Little与Boyd^[7]从光流图像中获取频率和相位特征来识别个人。王亮等^[8]提出一种人体轮廓解环绕提取距离信号的步态识别方法。南安普敦大学的研究者提出使用主成分分析和正则分析方法^[9,10]识别步态。

以上一些隐马尔科夫、主成分分析、正则分析、光流、椭圆模型以及动力学和运动学模型等方法特征庞大、计算复杂。针对上述不足,提出了一种新的基于步态序列中腿部三角模型特征参数的表示方法。由于行走过程中腿部变化最为明显,用三角形对关键帧的(关键帧为步幅最小最大状态帧)腿部区域建模,提取三角形相关参数作为步态特征。在识别过程中,用到一种贝叶斯与其他分类方法相结合的新方法。首先分别用KNN和一种改进的N-best为测试数据属性值在训练集上找到对应的数据数值,在此基础上用朴素贝叶斯分类技术分类识别。

2 图像预处理

2.1 图像分割

采用取中间值的方法,从图像序列中恢复背景图像;用间接差分的方法以提高对噪声的抑制作用,然后选取合适的阈值进行二值化处理分割出当前图像中运动的像素。具体方法如下:假设取一段步态序列中的 $1, 2, \dots, n$ 帧图像,这 n 帧图像同一位置点的灰度组成一个数组 $P(x, y) = \{p(x, y)_1, p(x, y)_2, \dots, p(x, y)_n\}$,其中 n 为帧数。那么,取这 n 帧图像的像素的中间值作为背景图像的像素值。即: $B(x, y) = \text{Median}(P(x, y))$,其中 $B(x, y)$ 为背景图像的像素值。

使用下列函数^[9]来间接执行差分操作。该函数可根据背景图像的亮度来检测其敏感性变化。

$$f(a, b) = 1 - \frac{2\sqrt{(a+1)(b+1)}}{(a+1)+(b+1)} \times \frac{2\sqrt{(256-a)(256-b)}}{(256-a)+(256-b)} \quad (1)$$

其中 $a(x, y)$ 为前景像素灰度值, $b(x, y)$ 为背景像素灰度值。选择适当的阈值,得到二值化的运动目标区域。最后采用图像形态学的方法处理可能出现的空洞、噪声点,然后执行单连通分量分析得到单连通的运动目标。

$$D_{xy} = \begin{cases} 1, & f(a_{xy}, b_{xy}) \geq T \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

2.2 关键帧选取

为了降低特征维数,减少算法复杂度和建模难度,增加样本数量,选择对步态周期中的关键帧提取特征。考虑到步态周期中双足支撑期和单足支撑期相对稳定,因此,取这两个姿态作为关键姿态。

步态数据是准周期性的时变数据,从人体侧面轮廓图像序列可以看出,人的步幅会经过一个周期性的变换,有一个从最大到最小又从小到最大的变化过程。根据步态周期图,我们很容易就可以找到我们所需要的关键步态帧。图1中处于曲线图的波峰和波谷点的帧(步伐最大和最小)即为所需的关键姿态帧。

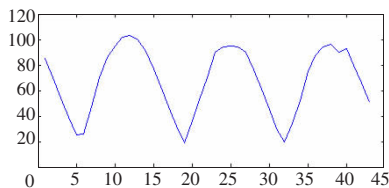


图1 步幅曲线图

3 步态特征提取

由观察可知,人体在走路的过程中明显的动作变化主要体现在:(1)手臂的摆动;(2)腿部的大幅度变化。然而在侧影序列中,手臂运动因受到自遮挡而影响很小,因而腿部便成为表现步态运动特征的主角。将髋部中心点到膝关节的连线作为大腿,膝关节到踝关节的连线作为小腿,那么人在行走过程中大小腿的周期性摆动就可以简化成由顶点分别为髋部中心点、两膝关节以及两踝关节的五边形模型相关参数的规律变化。在两关键姿态下,由于线段的重合,五边形便简化成三角形模型来模拟腿部特征。

按照人体学中的比例数据^[10]区分出人体下肢(髋关节以下踝关节以上部分),以人体重心所在的垂直直线为轴,将腿部分为左右两部分,两种关键姿态分别由顶点是髋部中心点 A_1 、左

腿踝关节 B_1 以及右腿踝关节 C_1 构成的三角形 S_1 (如图2),以及由髋部中心点 A_2 、左部踝关节 B_2 以及右部膝关节 C_2 构成的三角形 S_2 (如图3)作为腿部特征模型。结合三角形相关知识和腿部动作特点提取三角形的以下参数作为步态特征值:

l_1, l_2, l_3 : 三角形三边长度;

(x, y) : 髋部中心点坐标;

θ : $\angle BAC$ 的值。

对特征计算过程中遇到行走方向反向问题做对称处理。该方法不需要降维处理,计算简单,大大减少了运算时间。



图2 波峰关键帧



图3 波谷关键帧

4 训练和识别

4.1 训练

给定 M 个训练序列,每一个序列选取3~4组关键帧,每组关键帧可以由一个12维的特征矢量(S_1, S_2)表示,其中向量 $S = (l_1, l_2, l_3, x, y, \theta)$ 。一个步态序列可以提取3~4条12维的特征向量。由于步行姿态的非复制性以及噪声的影响使得提取的特征数据具有类内数值范围集中而类间的差异不够明显的特点。

4.2 贝叶斯识别

贝叶斯分类模型是一种典型的基于统计方法的分类模型。贝叶斯定理是贝叶斯理论中最重要的一个公式,是贝叶斯学习方法的理论基础,它将事件的先验概率与后验概率巧妙地联系起来,利用先验信息和样本数据信息确定事件的后验概率。

令 $U = \{A_1, A_2, \dots, A_n, C\}$ 是离散随机变量的有限集,其中 A_1, A_2, \dots, A_n 是属性变量,变量 C 取值范围为 $\{c_1, c_2, \dots, c_l\}$, a_i 是属性 A_i 的取值。实例(x 表示矢量)属于的概率,由贝叶斯定理表示为:

$$P(c_j | a_1, a_2, \dots, a_n) = \frac{P(a_1, a_2, \dots, a_n | c_j) P(c_j)}{P(a_1, a_2, \dots, a_n)} = \delta \cdot P(c_j) \cdot P(a_1, a_2, \dots, a_n | c_j) \quad (3)$$

其中 δ 是正则化因子。依据概率链规则,式(3)可以表示为:

$$P(c_j | a_1, a_2, \dots, a_n) = \delta \cdot P(c_j) \cdot \prod_{i=1}^n P(a_i | a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, c_j) \quad (4)$$

根据贝叶斯最大后验准则,给定某一实例 $x_i = (a_1, a_2, \dots, a_n)$,贝叶斯分类器选择使后验概率 $P(c_j | a_1, a_2, \dots, a_n)$ 最大的类 C 作为该实例的类标签。这种基于统计的分类模型非常适合用于本文提取的特征数据库。

4.3 KNN、N-best

由于步态行为的不可复制性,即一个人的某种步行姿态在不同的时刻不可能完全一样,以及噪声等因数的影响,提取的样本特征数据具有以下特点:同个人的属性数值大部分并不完

全相同, 不同人之间的属性数值彼此接近。也就是说单个属性来看类别的区分度并不明显。针对这种情况, 在贝叶斯模型中引入以下两种方法。

作者认为虽然同一个人的属性值不同但是基本上会在某一范围内浮动, 引进一个 KNN 算法为每一项属性值在训练集中寻找对应的数值。即对给定的测试数据 G, g_i 首先被预分到前 K 个最近距离中出现次数最多的类别中, 然后在该类别的训练集中搜索与之最近的数值 f_i , 若 f_i 与 g_i 不等则设此属性值为空, 将此方法简称为 KNN_Bys。这种算法的各个 K 值对类别的影响权重是相同的, 然而距离越近的值对其类别归处的影响越大, 这种自适应的 N-best^[11] 算法首先选取 g_i 的前 N 个最近距离, 按照接近的程度为其自适应的分配一个权重(距离越小, 权重越大), 将属于同一类别的权重进行相加得到其权重和, 权重最大的即为 g_i 所属类别。该类别中属于 N 中的数值权重最大的即为 f_i 。自适应权重定义如下:

$$w = N - \frac{i}{N} \quad (5)$$

$$W = \sum_{k=1}^K w_k \quad (6)$$

其中 i 表示 N 个值中第 i 个值 ($i=0, 1, \dots, N$), K 为前 N 个距离中出现 K 次的类别。

5 实验结果及分析

实验采用的数据集来自 NLPR 数据库, 其已应用于很多步态研究的实验中。包含 20 个人的室外步态序列, 每人 3 个行走方向 ($0^\circ, 45^\circ$ 和 90°), 每个行走方向包含 4 个步态序列, 均为 $352 \times 240 \times 24$ 的彩色图像。其中 0° 方向的 4 个序列又分为从左到右和从右到左两类情况, 每类情况均为两个序列。本文采用了 0° 方向上 6 个人 24 个步态序列进行实验。

按照前文所述, 那么每个步态序列中可以选取步伐最大、最小姿态 3~4 帧, 每个人有 12~16 条特征记录。给数据库中每人规定一个 ID 号, 使用留一校验 (leave-one-out cross validation) 方法来获取正确识别率 CCR (Correct Classification Rate) 的无偏估计。选取数据库中的 6 个人共 83 条样本记录, 每次留出一个样本出来测试, 然后训练所有余下的序列, 这样的过程将被重复 83 次, 三种识别算法得到的正确识别率如表 1 所示。表 2 给出了小样本数据库上的各种算法的结果比较。

表 1 算法的正确识别率

方法	正确识别率 (CCR)
Bys	79.52%
KNN_Bys	83.13%
自适应 N-best_Bys	86.74%

表 2 小样本数据库上的算法比较

方法	数据集	识别率
文献[7]	Little and boyd(5 人)	85.7%
文献[12]	Soton(4 人)	93.7%
文献[13]	Soton(4 人)	100%
文献[14]	Soton(6 人)	83%
文献[15]	自建数据(8 人)	83.3%
本文方法	NLPR(6 人)	86.7%

性能。该方法首先在 FERET 脸像识别算法的评估协议中被提出, 它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 $p(k)$ ^[8]。性能统计特性以累积匹配分值 (Cumulative Match Scores) 来报告, 阶次 k 画在横轴上, 而垂直轴是正确匹配的累计百分比。阶次越小, 累积匹配分值越高, 识别效果越好。图 4 为三种识别算法的 ROS 图。

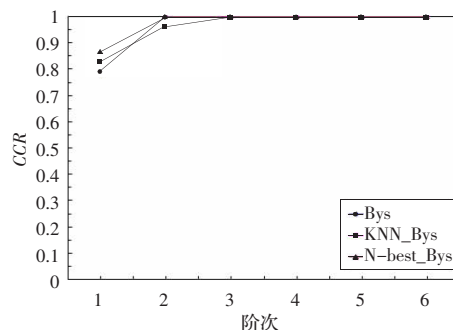


图 4 ROS 曲线图

从上述实验结果可以看出, 提出的方法在小样本数据上取得的识别效果还是不错的。然而仅用两关键姿态来表示人的步态行为还是不够准确, 多个关键姿态共同表示应该更能表现出人的行为特征, 这应该是影响识别率的一个因数。从三种分类器的性能比较来看, 第 3 种算法要略胜一筹。可以看到, 第一种算法强调的是最近距离, 第二种算法强调的是分布频度, 而第三种算法实际上兼顾了前两种算法的特点, 因此它拥有更高的识别率以及与算法 1 相当的 ROS 性能, 均能在第 2 阶次达到 100%。多角度和大样本环境下的研究将是后续工作的重点。

6 总结与展望

论文的特点在于提出了一种新的步态表示方案, 同时基于此特征数据, 改进了贝叶斯分类器。方法简单明了, 并且 NLPR 数据集上取得良好效果。

步态识别作为一个新兴的研究领域, 具有重要的理论意义和使用价值。目前有关步态识别的研究还处于理论探索阶段, 随着视频监控、智能交互等许多领域对自动身份识别系统的需求显著增加, 将极大促进基于计算机视觉的远距离身份识别的研究。总之, 步态作为一种识别特征, 已经逐渐受到人们的重视, 有着良好的发展前景。

参考文献:

- [1] Nixon M, Carter J, Cunado D, et al. Automatic gait recognition[M]// Biometrics Personal Identification in Networked Society.[S.L.]: Kluwer Academic Publishers, 1999: 231-250.
- [2] 赵黎丽, 侯正信. 步态识别问题的特点及研究现状[J]. 中国图象图形学报, 2006(2): 151-161.
- [3] Lee Lily. Gait analysis for classification, AI Technical Report 2003-014[R]. Massachusetts Institute of Technology Artificial Intelligence Laboratory, 2003.
- [4] Zhang Rong, Christian V, Dimitris M. Human gait recognition[C]// Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops(CVPRW'04), 2004.
- [5] Cunado D, Nixon M, Carter J. Using gait as a biometric, via phase-weighted magnitude spectra[C]// Proc International Conference on