

# 基于 PCA 和 SVM 的步态识别

吴清江 许文芳 王青力

(华侨大学信息科学与工程学院 福建泉州 362021)

**摘要** 提出了一种新颖的沿中线投影得到特征的步态识别方法。首先,应用背景差方法分割出运动人体轮廓,对外轮廓沿人体中线投影可以得到前后两个向量,合成 1D 向量作为步态特征。然后,通过主成分分析对得到的一维向量进行特征提取和压缩,对得到的识别量应用支持向量机进行步态的分类和识别。实验中,该方法取得了很好的识别性能。

**关键词** 步态识别,支持向量机,主成分分析,中线投影

## Gait Recognition Based on PCA and SVM

WU Qing-Jiang XU Wen-Fang WANG Qing-Li

(College of Information Science and Engineering, Hua Qiao University, Fujian Quanzhou 362021)

**Abstract** A new gait recognition method based on Midline projection is presented in this paper. First, body silhouette extraction is achieved by background subtraction. The body silhouette is projected along its midline to obtain the fore-and-aft Midline Projection Vectors, which are then combined into one dimensional data vector as the gait feature. Then, PCA is applied to reduce data dimension, and gait classification and recognition are performed by support vector machine finally. The result of the experiment demonstrates that the approach has encouraging recognition performance.

**Keywords** Gait recognition, Support vector machine, Principal component analysis, Midline projection

## 1 引言

步态作为一种重要的生物识别特征由于其远距离身份识别能力而逐渐受到人们的重视,成为目前计算机视觉领域的研究热点。

近年来,马里兰大学(UMD)、南安普顿大学(Soton)、麻省理工学院(MIT)等著名大学和科研机构相继开始进行基于计算机视觉的步态识别方法研究。马里兰大学的 C Ben Abdelkader 等用步态序列自相似图(SSP)来提取步态特征<sup>[1]</sup>,南安普顿大学的 Hayfron-Acquah 等提出采用对称性理论来解决识别步态问题<sup>[2]</sup>,麻省理工学院的 L Lee 等用轮廓各部分的矩特征来分析步态<sup>[3]</sup>,而 CMU 的 R T Collins 等则利用身体轮廓的高度和宽度变化信息识别步态<sup>[4]</sup>。我国中科院的王亮等提出基于 Procrustes 形状分析的步态识别方法,获得了令人鼓舞的识别性能<sup>[5]</sup>。

不同于上述方法,本文首先利用背景差的方法提取人体轮廓,将人体轮廓沿中线投影得到一维向量,然后利用 PCA 和 SVM 相结合的方法进行步态识别。算法框图如图 1 所示。

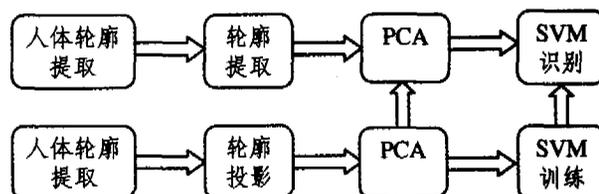


图 1 步态识别过程框图

## 2 主成分分析步态特征提取

### 2.1 关键帧轮廓线提取

从视频序列中分割运动人体的轮廓通常采用背景差法,它是目前运动分割中最常用的一种方法,是利用当前图像与背景图像的差分来检测出运动区域的一种技术。由于提取出的轮廓还受到光照和外来无关事件的干扰等,故图像中还含有影响人体检测的噪声和小孔,我们利用形态学运算对图像作了进一步处理。通过背景差方法得到的人体运动轮廓如图 2 所示。



图 2 步态轮廓检测过程

吴清江 副教授,主要研究方向为图像处理与模式识别;许文芳 硕士研究生,主要研究方向为图像处理与模式识别;王青力 硕士研究生,主要研究方向为图像处理与模式识别。

## 2.2 步态特征分析与提取

### 2.2.1 步态特征分析

确定行人内在运动的一个重要线索是人体轮廓形状随着时间的变化。而当前研究表明轮廓是步态的一个重要特征,故在模式分类中,选择的特征对后面的识别至关重要。如果将人体向垂直投影或者水平投影,会弱化人体的部分特征,如手的摆动和腿的部分摆动特征,而采用一种新的投影方法—将人体轮廓沿中线投影,保留了几乎全部的人体变化特征,从图3中可以看到。故我们选择人体轮廓的前半身和后半身沿中线的投影作为步态空间特征。如图3所示,中线方程  $x_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ , 其中  $x_i$  是外轮廓像素点的横坐标,  $n$  是外轮廓像素点的个数。沿中线投影后坐标  $x_p = |x_i - x_n|$ , 其中  $p$  点的个数就是身高像素点的2倍,对于外轮廓到中线同一位置的投影不止一个像素点 ( $i > p$ ) 的,则选择距离最远的。

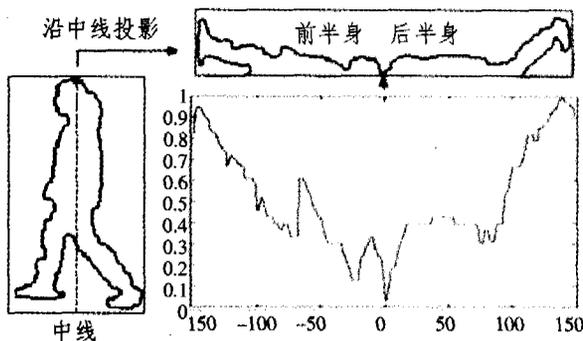


图3 人体轮廓的前半身和后半身沿中线的投影并作归一化处理图

### 2.2.2 基于PCA的步态特征变换

主成分分析PCA(Principal Component Analysis)是一种常用的特征提取方法。它已被验证在脸像识别(如特征脸)中是特别强有力的工具。

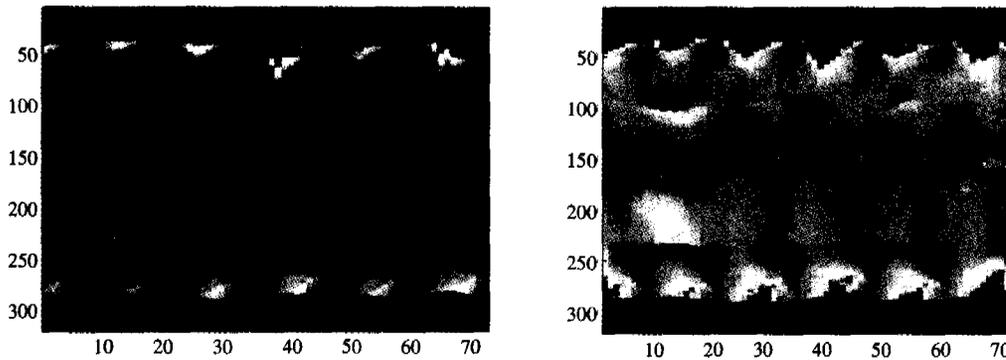


图4 对其中一个类别进行中线投影及降维处理得到的特征(fyc)

每帧的外轮廓沿中线投影向量有  $n=320$  维,是高维输入。直接对该高维列向量进行处理十分困难,必须首先进行降维。令每个输入向量为  $x$ ,则320维向量的相关矩阵为  $Q=[xx^T]$ 。其特征值按降序排列,即  $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_n$ ,对应的特征向量分别为  $w_1 > w_2 > \dots > w_n$ 。我们选择了前20个特征值对应的特征向量(累积方差96.6%),并定义为矩阵  $w^T = \{w_1, w_2, \dots, w_{20}\}$ 。这样每个中线投影向量320维被压缩为20维。可见,特征空间分析极大地减少了样本维数,它仅保留20个最有效的主特征分量来表达原始样本。对其中一个类别进行中线投影及降维处理的效果图如下。从图4可以观察到肢体摆动区域变化比人体其它区域大得多,相应的区域在右图中更亮,并且清晰地显示了步态的周期性。

## 3 基于支持向量机的步态识别

在获得有效的步态特征后,设计一个好的分类器就是解决问题的关键。SVM是一种泛化能力很强的分类器,它在解决小样本问题方面表现出了许多特有的优势,已成为国际上模式识别领域新的研究热点。

SVM的基本思想是对非线性可分样本,将其输入向量经非线性变换映射到另一个高维空间  $Z$  中,在变换后的空间中寻找一个最优的分界面(超平面),使其推广能力最好。

假设待识别的步态有  $c$  类,记为  $S_1, S_2, \dots, S_c$ 。设计  $c$  个SVM分类器  $f_i (i=1, 2, \dots, c)$ , 每一个  $f_i$  用其中的一类样本  $S_i$  作为正样本训练,而其他所有样本  $S_j (j \neq i)$  作为负样本训练。对于正、负样本,系统输出分别为  $+1, -1$ 。测试阶段,对每个测试样本输入到  $c$  个分类器中,如果只有一个  $f_i$  输出为  $+1$ ,则将该样本判别为第  $i$  类,若有  $p (p > 1)$  个分类器输出是  $+1$ ,则在利用最近邻距离分类技术,即计算测试样本与这  $p$  个分类器所代表的训练样本之间的距离,将测试样本判别为最小值对应的那个步态类别。如果所有分类器输出都是  $-1$ ,则判定本次识别错误。

## 4 实验结果和数据分析

### 4.1 实验数据来源

通用步态数据库的缺乏是步态识别算法开发中的一个局限,本文使用的NLPR步态数据库<sup>[7]</sup>由中科院自动化所提供。NLPR数据库创建于2001年12月10日,里面包含20个人的数据,每个人有12个图像序列,行人相对于摄像机而言以侧面、正面和倾斜三个视角行走(相应于图像平面分别是  $0^\circ, 90^\circ$  及  $45^\circ$ ),每个方向包含4个图像序列,每个序列的长度随人行走的速度变化而有所不同。这些彩色图像序列以25帧每秒的速率拍摄,原始尺寸为  $352 \times 240$  像素点,且平均长度约为100帧。

### 4.2 实验结果

实验中我们只做了NLPR步态数据库中的侧面视角下行走的实验,对于  $45^\circ$  和正面视角下的实验,还有待于下一步的工作。对处理后的图像,沿轮廓中线投影叠加效果图如图5所示,非常形象地描述了人体的外部轮廓特征。

我们从20个人中选择一个图像序列为训练样本对其进行训练,然后使用SVM来分类余下的样本。分类误差采用ROS(Rank Order Statistic)来度量分类性能,它定义为一个测试度量的实际类别在它的最前  $k$  个匹配之间的累积概率  $p(k)$ 。性能统计特性以累积匹配分值(Cumulative Match Scores)来报告,图6给出了累积匹配分值图。

(下转第199页)

果,怎样使约简数达到最少,以及在此基础上开发增量式的挖掘算法、并行挖掘算法等都是今后有用的研究方向。

## 参考文献

- 1 王晓峰,王天然.一种自顶向下挖掘频繁项的有效方法.计算机研究与发展,2004(1)
- 2 Lin D I, Kedem Z M. Pincer-search: A New Algorithm for Discovering the Maximum Frequent Set [C]. In: Proc. of the 6th European Conf. on extending database technology, 1998
- 3 Agrawal R, Imielinski T, Swami A. Mining association rules between sets of items in large d tabases. In: Proceedings of the ACM SIGMOD Conference on Management of data, 1993. 207~216

- 4 Lin J L, Dunham M H. Mining association rules: Anti-skewalgorithms. In: Proceedings of the International Conference on DataEngineering, Orlando, Florida, February 1998
- 5 Brin S, Motwani R, Ullman J D, et al. Dynamic Itemset counting and implication rules for market basket data. In: ACM-SIGMOD International Conference on the Management of Data, 1997
- 6 冯玉才,冯剑琳.关联规则的增量式更新算法[J].软件学报,1998(4):3010
- 7 Roberto J, Bayardo Jr. Efficiently mining long patterns from databases, [C]. In: Proc. of the '98 ACM- SIGMOD int. Conf. On Management of Data (SIGMOD'98), 1998. 85~93
- 8 王晓峰,王天然.相关测度与增量式支持度和信任度的计算[J].软件学报,2002(11):2208~2214

(上接第 163 页)

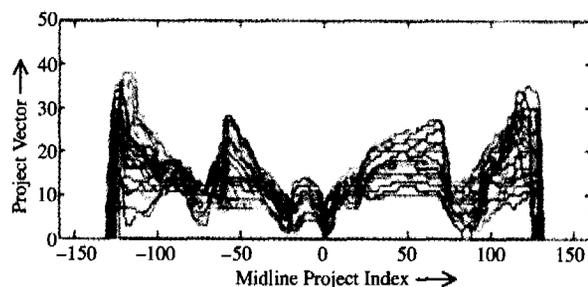


图5 轮廓沿中线投影叠加效果

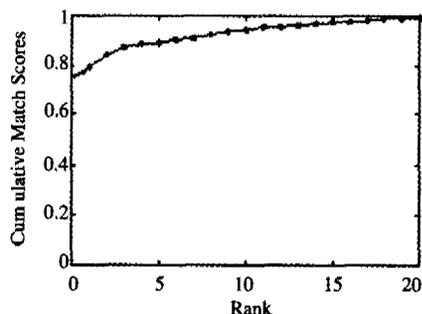


图6 累积匹配分值

## 4.3 实验结果分析和总结

本文讨论了将人体轮廓沿中线投影的新颖的步态特征提取方法,此方法包括了更多的人体特征,如手的摆动情况。与文[6]相比,本文的特征提取方法更加新颖,方法更易实现,且计算量低,从识别性能中,相比指纹、虹膜等生理特征,步态、笔迹等行为特征的识别能力偏弱的情况下,该方法的正确分类率 CCR(Correct Classification Rate)达到如图 6 所示,实验结果比较令人满意。实验表明该算法不仅获得了令人鼓舞的识别性能,而且拥有相对较低的计算代价,是一种有效的步态特征提取与识别方法。

## 参考文献

- 1 Abdelkader C B, Cutler R, Nanda H, et al. EigenGait: Motion-Based Recognition Using Image Self-Similarity. LNCS, 2001, 2091:289~294
- 2 Hayfron-Acquah J B, Nixon M S, Carter J N. Automatic Gait Recognition by Symmetry Analysis. Pattern Recog Letters, 2003, 24: 2175~2183
- 3 Lee L, Grimson WEL. Gait Analysis for Recognition and classification. In: Proceeding of the IEEE Conference on Face and Gesture Recognition, 2002. 155~161
- 4 Collins R, Gross R, Shi J. Silhouette-based Human Identification from Body Shape and Gait. In: Proc IEEE Conf, 2002
- 5 Wang L(王亮), Tan T N, Hu W M, et al. Silhouette analysis-based gait recognition for human identification. IEEE, 2003. 1505~1518
- 6 王亮,胡卫明,谭铁牛.基于步态的身份识别.计算机学报,2006,26(3):353~360
- 7 <http://www.sinobiometrics.com>

(上接第 176 页)

实验结果如表 3 所示,不难看出,HSDD-S 的正确识别率均分别优于其他 5 种特征抽取方法,基于散度差准则的特征抽取方法的特征抽取速度也优于基于 Fisher 准则的 LDA 和 KFD 方法。

表 3 6 种方法在最近邻分类器下的识别率(%),特征抽取和识别时间(s)

特征抽取方法	识别率	特征抽取时间	分类时间	总时间
LDA	68.0	569.24	76.36	645.60
KFD	72.5	744.14	70.47	814.61
SDD	68.4	351.27	75.45	426.72
HSDD-P	74.5	514.89	72.39	587.28
HSDD-G	74.5	517.12	72.19	589.31
HSDD-S	75.1	516.46	72.08	588.54

**结论** 本文提出了一种新的非线性鉴别分析方法——基于散度差准则的隐空间图像特征抽取方法。对于图像的特征抽取来说,该方法具有以下优点:一是计算更高效,特征抽取的速度有了显著的提高;二是避免了高维小样本问题所引起的类内散布矩阵奇异的问题;三是不仅能够抽取非线性特征,同时,与现有的其他核方法相比,本文的方法不需要核函数满足正定条件,扩大了核函数的选取范围,这样可以选择更

加适合具体问题的核函数。在 ORL 人脸数据库和 AR 人脸数据库上的实验结果验证了以上的结论。

## 参考文献

- 1 Fisher R A. The use of multiple measurements in taxonomic problems. Annals of Eugenics, 1936, 7: 178~188
- 2 Belhumeur P N, et al. Eigenfaces vs Fisherfaces: Recognition using class specific linear projections. IEEE Trans Pattern Anal Machine Intell, 1997, 19(7): 711~720
- 3 Hong Z Q, Yang J Y, et al. Optimal discriminant plane for a small number of samples and design method of classifier on the plane. Pattern Recognition, 1991, 24(4): 317~324
- 4 Liu K, Yang J Y, et al. An efficient algorithm for Foley-sammon optimal set of discriminant vectors by algebraic method. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 1992, 6(5): 817~829
- 5 金忠,杨静宇,陆建峰.一种具有统计不相关性的最优鉴别向量集.计算机学报,1999,22(10):1105~1108
- 6 杨健.线性投影分析的理论与算法及其在特征抽取中的应用研究. [学位论文]. 南京:南京理工大学,2002
- 7 Yang J, Zhang D, et al. Two-dimensional PCA: a new approach to appearance-based face representation and recognition. IEEE Trans Pattern Anal Machine Intell, 2004, 26(1): 131~137
- 8 Yang J, Yang J Y. From image vector to matrix: a straightforward image projection IMPCA vs PCA. Pattern Recognition, 2002, 35(9): 1997~1999
- 9 宋枫溪,程科,杨静宇.最大散度差和大间距线性投影与支持向量.自动化学报,2004, 30(11): 890~896
- 10 程云鹏.矩阵论.西安:西北工业大学出版社,1999, 294~302