

基于三维动态特征的运动状态识别方法研究

刘凌霞¹, 宋 强^{2,3}

(1 安阳师范学院 软件学院, 河南 安阳 455000;

2 安阳工学院 计算机科学与信息工程学院, 河南 安阳 455000;

3 武汉理工大学 信息工程学院, 湖北 武汉 430000)

摘 要: 提出基于三维动态特征的运动状态识别方法. 首先采用一种星型骨架组成结构揭示人体三维运动模式, 利用 GMM 得到图像序列的前景图片, 运用 ISOMAP 非线性算法的降维方法来取得低维数据子空间, 把运动姿态三维数据投影到非线性流型低维子空间中, 识别出运动状态的内在结构后分别研究人体运动的各个关节点, 最后通过集成学习的方法生成隐马尔科夫学习器达到自动识别运动状态目的. 仿真实验结果表明, 提出方法的识别速度和精度对比传统方法有明显提高, 证实了研究方法的可行性.

关键词: 三维动态特征; 星型骨架; GMM; ISOMAP; 非线性流低维子空间; 隐马尔科夫学习器

中图分类号: TP332

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2016)02-0092-04

Motion State Recognition Method Based on 3d Dynamic Characteristics Research

LIU Ling-xia¹, SONG Qiang^{2,3}

(1 School of Software Engineering, Anyang Normal University, Anyang 455000, China;

2 College of Computer Science and Information Engineering, Anyang Institute of Technology, Anyang 455000, China;

3 Information Engineering College, Wuhan University of Technology, Wuhan 430000, China)

Abstract: Propose a motion state recognition method based on 3 d dynamic characteristics, first USES a star skeleton structure characterization of the human body 3 d motion, through GMM for image sequence foreground image, ISOMAP nonlinear dimension reduction of manifold learning method is used to generate a low dimensional data subspace, the motion of 3 d data projection to nonlinear flow pattern in the low-dimensional subspace, and identify the motion state of inner structure of human body movement is conducted for each key points of the study, based on the integration of learning have hidden markov study so that can be used to automatically identify the motion state. The simulation experimental results show that the recognition speed and accuracy of this method compared to traditional methods have obvious improve, confirmed the feasibility of research method.

Key words: three-dimensional dynamic characteristics; star skeleton; GMM; ISOMAP; a nonlinear flow low-dimensional subspace; hidden markov learning

1 引言

现阶段社会大众对视频监控智能化的要求逐年升高, 渴望利用智能分析获得各种各样的信息, 将之运用到生活、工作等相关领域. 人体运动状态辨识已

应用在人机交互、安防监控、运动员辅助训练和智能家居等领域中, 具有至关重要的研究意义^[1]. 对于人体运动识别的探讨和研究已获得了长远的进展^[2]. 特别是随着多种视频设备的普及和运用, 以及计算机作用的逐年提升, 计算机自动捕获、分析视

收稿日期: 2015-04-28; 修回日期: 2015-06-13

基金项目: 2014 年度河南省重点科技攻关项目(142102210231)

频里的人体运动信息成为了更多计算机视觉领域的研究学者所关注的课题^[3]. 随着硬件的发展和成本的下降, 摄像机等运动捕获设备的价格也逐年下降, 以光学原理为基础的三维人体运动捕获(3D Human Motion Capture)方法渐渐发展为重要的运动信息取得方式, 大多数的运动捕获系统以及运动数据库应时而生^[4]. 三维运动捕获数据高质地保持了运动细节, 同时如实记载了运动轨迹, 因其数据具有高精度、高质量等特点, 所以被普遍地运用在数字娱乐、计算机动画、体育仿真、影视制作以及医学理疗等方面, 目前已经成为了该领域专家学者关注的关键问题^[5].

传统的运动状态识别方法有模板匹配法^[6]、状态空间法^[7]、背景差分法^[8]和基于视频内容的关键帧提取法^[9]等, 文献[10]中提到的动态贝叶斯网络, 可以学习变量之间的概率依存关系和随时间 t 变化的特点, 具有较优的可解释性以及可扩展性, 对于多个信息融合推导、多个物体动态系统辨别十分有用, 然而动态贝叶斯网络大多数运用在辨别两个以上的物体的动态系统中, 而该系统要有许许多多的特征参数, 因此动态贝叶斯网络的方法运算量比较大并且复杂程度比较高. 文献[11]中涉及的动态时空规整法, 是把需要辨识的人体动作姿态模板的时间轴非线性地映射到训练模板的时间轴上, 使之可以将这两部分的距离达到最短, 该方法的优势是可以较好地解决人体动作姿态在时间尺度上不确定的问题, 不足之处为辨识模型的运算量会随着训练样本数量的提升而提升.

本文提出以三维动态特征为基础的运动状态识别方法, 采用星型骨架组起来提取人体运动轨迹, 利用 ISOMAP 系统计算获取三维子空间的运动状态投影, 通过三维动态特征集成隐马尔科夫模型完成对运动状态的识别.

2 基于三维动态特征的运动状态识别

人体运动过程的复杂性造成视频图像中相似动作的数目较大, 因此要先提取人体运动轨迹特征, 在通过 ISOMAP 系统计算获取三维子空间的运动状态投影后, 再通过三维动态特征集成隐马尔科夫模型完成对运动状态的识别.

2.1 人体运动轨迹特征进行提取

人体做差异动作时, 每种动作有着非常大的差异, 不同的人做相同动作时, 也会出现差异, 通过差异能够辨别人体每类运动轨迹. 运动轨迹侧位影像

最高位点为人体轨迹中心轴中距离最远的地方. 一般人体行为的侧影轮廓的一部分最高值点在从脑袋到手脚的地方, 在模型计算中利用运动轨迹侧位影像的头部到影像重心部分的距离可以表示为人本身在运动时的轨迹, 因为此影像的开关和星形开关极为相似, 因此在计算的时候将这种算法命名成星形结构特征计算方法(star skeleton)特征. 图1表述了在星形计算方法中人体运动轨迹特点的获取方法.



图1 星形骨架特征提取算法流程图

此算法由四个部分构成.

(1) 以获得的姿态轮廓为依据获取轮廓的质心. 轮廓的质心依据式(1)、(2)得到:

$$x_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (1)$$

$$y_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (2)$$

式中, N 为轮廓边界点的数目, (x_i, y_i) 为轮廓边界点的坐标, (x_c, y_c) 是得到是轮廓质心.

(2) 算出轮廓上每个点到轮廓质心的欧式长度 d_i , 获得一个一维的数字序列 d_i .

$$d_i = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2} \quad (3)$$

(3) 平滑处理 d_i . 利用平滑滤波器或者低通滤波器平滑处理 d_i 降低噪声的扰动, 获取平滑之后的输出序列 $\hat{d}_i$.

(4) 找到 $\hat{d}_i$ 的一部分的最高值点同轮廓质心得到运动目标的星形骨架. 根据 $\hat{d}_i > \hat{d}_{i+1}$ 且 $\hat{d}_i > \hat{d}_{i-1}$ 得到局部最大值点, 获得运动目标的星形骨架.

采取星形计算方法提取人体运动轨迹特征起主要作用的两个关键点: 一是在计算时降低了数据长度, 减少冗余, 综合了计算时间; 二是合理利用了减噪设备, 有效地减少了人体特征的维度空间, 减少计算. 本文提出了一种指数滤波设备, 通过改变计算参数, 将人体运动特征影像维度减少到五个维度, 原因是每一个人所做的不同行为, 手和脚之间的摆动幅度是有差异的, 所以能够利用其差别比较有效地描述人的运动行为.

2.2 ISOMAP 子空间生成

通过得到的人体运动轨迹特征, 采用 ISOMAP 系统计算方法将人体运动影像维度进行降维, 并将图像维度降至最低, 获得三维子空间的运动状态投

影.即先将运动轨迹影像中离中心距离最近的点进行选取,用该点取代其他维度中不能在此图像中表示的点位,然后将该点输入本文计算方法中获得降维后的该点空间坐标位置,重复此法,可以得到最低维度空间影像.

图2是人体在运动时腿部运动轨迹图,利用ISOMAP降维方法将整个运动情况进行降维处理,可以得到一个三维空间影像,图中非直线部分是人体向前运动时腿部运动轨迹,小方框表示站立姿势.

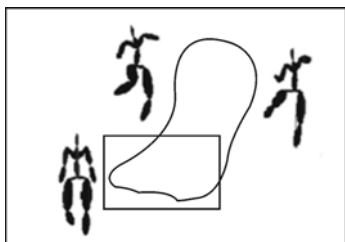


图2 ISOMAP方法在三维子空间的运动状态投影

2.3 基于三维动态特征集成隐马尔科夫模型运动识别

将获得三维子空间的运动状态投影通过三维动态特征集成隐马尔科夫模型进行运动状态识别.假设经常使用的运动各类的个数为 M ,将身体各个部分的大小关节认为相对自由性,因此把每个点都看做一个独立的属性.设置独立点位数量为 N ,用一种马尔可夫设计的计算方法来对关节活动的信息进行观察记录.如果对 k 个活动点($k = 1, 2, \dots, 16$),设置学习型马尔可夫数学模型 $l_i (i = 1, 2, \dots, M)$,将所有人体节点集合基于第 j 个关节运行方式通过模型寻找 $P(O|l)$ 最大值,则在人体进行第 i 个运行轨迹方式来表述,如下:

$$K(O) = \underset{i=1,2,\dots,M}{\operatorname{argmax}} P(O|l) \quad (4)$$

由式(4)可以看出,人体各关节在进行 M 个活动方式和 $N(N = 16)$ 个活动集合就形成了 $M \times N$ 围的隐马尔可夫数列方程矩阵,在人体活动中把第 i 种活动方式的第 k 个自由活动节点的隐马尔可夫数据模型用公式表示为 $HMM_{i,j}$,则其活动轨迹的记录方式为 $l_{i,j}$,人体活动关节与数组 j 对应的隐马尔可夫模型集合就对应第 k 个活动方式各类的记录器.

人体在运动过程中,所有的关节部位都要进行活动,因此在记录时不能片面的去记录信息,也不能以片面代替人在运动时所有关节的轨迹.通过将所有计算方法进行综合,将人体运动轨迹影像的集合用隐马尔可夫计算方法进行模拟实验,全方位反映

轨迹信息,以提高影像轨迹识别度.

例如给定 n 个训练样本 $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ 的训练集,其中 $y_i = |0, 1|$, ($y = 1, 2, \dots, n$) 对应样本识别的错误和正确,样本中有 u 个错误样本, v 个正确样本;待分类运动的每个关节的时空特征表示 $f_j(g)$,其中 $1 \leq j \leq 16$;对于第 i 个训练样本 x_i ,它的特征为 $f_j(x_i)$.第 j 个关节的时空特征的弱分类器 $h_j(x)$ 由一个特征 f_j ,一个阈值 q_j 和一个指示不等式方向的偏置值 p_j (只有 ± 1 两种情况)构成.

训练目标:通过对正反例进行分析来选择错误率最低的 T 个弱分类器,使其最优化组合成一个强分类器.

训练过程如下:

(1) 设 $w_{t,i}$ 为人体运动轨迹获取第 t 次计算中第 i 个轨迹的设定参数.对人体轨迹的设定参数初始化后按公式计算模型:对于 $y_i = 0$ 的轨迹集合, $w_{t,i} = \frac{1}{2u}$;对于 $y_i = 1$ 的样本, $w_{t,i} = \frac{1}{2v}$;

(2) 通过权重对人体轨迹影像进行统一处理,

$$\text{使得 } w_{t,i} = \frac{w_{t,i}}{\sum_{j=1}^n w_{t,i}};$$

(3) 在人体运动过程中,将每个活动点通过中心轴位置HMM参数来确定阈值 q_j 和人体中心轴偏移值 p_j ,使得运动轨迹影响集合数 $e_j = \sum_{i=1}^n w_{t,i} |h_j(x_i) - y_i|$ 达到最小;

(4) 从上面的弱分类器中,找到一个具有最小错误 e_i 的分类器 h_i 对所有样本的权重进行更新: $w_{t+1,i} = w_{t,i} b_i^{1-e_i}$;

(5) 确定 e_i ,如果刚才 x_i 已被 h_i 正确识别,则 $e_i = 0$;反之 $e_i = 1$;而且 $b = \frac{e_i}{1 - e_i}$ 能保证后面训练提取的弱分类器会更加强化这些识别错误样本的训练;

(6) 通过人体运动轨迹模型将所有关节进行分类,计算如公式所示.

$$h(x) = \begin{cases} 1, & \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \geq 0.5 \sum_{t=1}^T \alpha_t \\ 0, & \end{cases} \quad (5)$$

式中, $\alpha_t = \log \frac{1}{b_t}$.

3 实验结论和分析

本文在实验里一共采集了二百多个视频的片段

(720 × 576, 30 f/s), 含有自拍摄的运动人体视频数据以及 Weizmann 人体姿态数据信息库. 数据信息分为 2 类, 一类是训练数据信息集, 一类是测试数据信息集, 该比例是 3 比 5, 含有 10 种行为, 依次是: 走动、蹦跳、俯卧撑、爬行、侧走、坐下、蹲下、仰卧起坐、站立、鞠躬.

针对差异背景状态下的姿态视频, 第一步是基于码本的背景训练, 依据视频序列帧同背景模型的图像区别, 获取运动人体的前景图片 (如图 3 所示), 同时处理形态学的图片, 删去图片噪声.



图 3 几种姿态和其前景提取结果

利用传统方法和本文方法来对常见的运动进行分析和识别, 发现本文研究方法有着较好的学习精度和识别性能. 识别结果如表 1 所示.

表 1 传统方法与本文研究方法的识别性能的比较

学习模型	不同人体运动类型的识别率/%			
	Walk	Run	Skip	Side
传统方法	67.1	56.3	39.8	67.9
本文方法	98.1	92.8	89.6	97.6

为了比较本文算法对普遍运动的辨识效率, 本文运用普遍的十种运动种类分析其能力, 同时采用传统方法作为依据. 分析检索结果非常容易得出该文算法对普遍运动的辨识能力有更加迅速的速度以及更加高的精度 (见表 2). 图 4 描述了 2 种方法辨识的时间对比.

表 2 运动状态查准率和查全率 %

运动类型	查全率		查准率	
	传统方法	本文方法	传统方法	本文方法
Walk	82	97	91	99
Run	63	89	75	93
Skip	59	87	67	92
Side	68	91	51	93

通过以上实验对比分析能够得知, 利用本文方法与传统方法分别进行动态图像跟踪, 实验结果表明本文方法的识别性能和效率较传统方法具有明显优势.

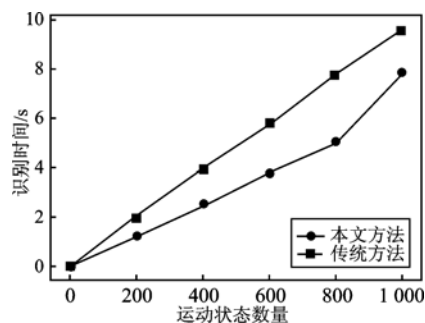


图 4 传统方法与本文方法识别时间对比图

4 结束语

提出一种基于三维动态特征的运动状态识别方法, 首先采用星型骨架组成描述人体三维运动行为, 利用 GMM 得到图像序列的前景图片, 运用 ISOMAP 非线性流形学习的降维算法来形成低维数据子空间, 把运动姿态三维数据投影到非线性流型低维子空间中, 识别出运动状态的内在结构后对人体运动的各个关节点分别进行学习, 最终以集成学习的方法为依据生成隐马尔科夫学习器, 达到可以方便的自动识别运动姿态的目的. 仿真实验结果表明, 提出方法的识别速度和精度对比传统方法有明显提高, 证实了研究方法的可行性.

参考文献:

- [1] 谢林海, 刘相滨. 基于不变矩特征和神经网络的步态识别[J]. 微计算机信息, 2007, 23(7): 279-281.
- [2] 沈军行, 孙守迁, 潘云鹤. 从运动捕获数据中提取关键帧[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(5): 719-723.
- [3] 朱登明, 王兆其. 基于运动序列分割的运动捕获数据关键帧提取[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2008, 20(6): 787-792.
- [4] 杨涛, 肖俊, 吴飞, 等. 基于分层曲线简化的运动捕获数据关键帧提取[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2006, 18(11): 1691-1697.
- [5] 刘云根, 刘金刚. 重建误差最优化的运动捕获数据关键帧提取[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2010, 22(4): 670-675.
- [6] 刘贤梅, 郝爱民, 赵丹. 基于混合遗传算法的人体运动捕获数据关键帧提取[J]. 模式识别与人工智能, 2011, 24(5): 619-628.
- [7] 肖俊, 庄越挺, 吴飞. 三维人体运动特征可视化与交互式运动分割[J]. 软件学报, 2008, 19(8): 1995-2003.
- [8] 杨跃东, 王莉莉, 郝爱民, 等. 基于几何特征的人体运动捕获数据分割方法[J]. 系统仿真学报, 2007, 10

(19): 2229-2234.

(下转第 99 页)

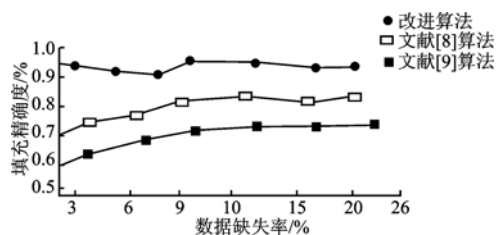


图2 不同算法填充精度比较

从图2可以说明,改进算法对缺失大数据填充精确度要优于传统算法,这是因为改进算法采用信息论中熵值的概念利用同一类完整数据信息的属性值对缺失值进行填充,从而提升了改进算法对不完整数据填充的精确性。

4 结束语

针对采用当前的算法进行不完整大数据填充挖掘时,缺失的数据难以被确定,导致了不完整大数据填充挖掘过程较为混乱的问题,提出了一种基于改进遗传算法的不完整大数据填充挖掘算法。该算法先融合于BP人工神经网络算法随机产生不完整大数据初始网络权值,对该组权值进行训练,设计一个不完整大数据基因矩阵,利用遗传算法以该基因矩阵为依据计算出不完整大数据适应值函数,并同时编码、杂交、变异等遗传操作,在此基础上进行不完整大数据信息的全局搜索,以其搜索的结果为核心将大数据划分为完整与不完整数据,采用信息论中熵值的概念利用同一类完整数据信息的属性值对缺失值进行填充。实验仿真证明,基于改进遗传算

法的不完整大数据填充挖掘方法能实现对不完整大数据的挖掘,提高缺失数据的填充精度。

参考文献:

- [1] 朱彦君,吴向阳. 基于张量分解的多维数据填充算法[J]. 计算机工程, 2014, 40(5):45-48.
- [2] 陈志奎,吕爱玲,张清辰. 基于属性重要性的不完备数据填充算法[J]. 微电子学与计算机, 2013,30(7):167-172.
- [3] 陈志奎,杨英达,张清辰,等. 基于属性约简的物联网不完全数据填充算法[J]. 计算机工程与设计, 2013, 34(2):418-422.
- [4] 冷泳林,陈志奎,张清辰,等. 不完整大数据的分布式聚类填充算法[J]. 计算机工程, 2015, 41(5):19-25.
- [5] 梁肖肖,常家树,董沁怡,等. 基于遗传算法的PID参数整定与优化[J]. 福建电脑, 2014, 29(2):31-32.
- [6] 李家成,苏一丹,覃华,等. 基于遗传算法的K调和均值聚类算法[J]. 计算机技术与发展, 2013, 22(9):55-58.
- [7] 王梦雪. 数据挖掘综述[J]. 软件导刊, 2013, 12(10):135-137.
- [8] 王慧,张翠羽. 基于改进遗传算法的网络差异数据挖掘算法[J]. 计算机仿真, 2015, 32(5):311-314.
- [9] 杨海霞. 基于改进数据过滤算法的异构数据库优化挖掘技术[J]. 科技通报, 2013, 29(6):125-127.

作者简介:

郑斌女,(1977-),硕士,讲师.研究方向为信息处理和数据分析. E-mail:frostzb@163.com

(上接第95页)

- [9] 杨跃东,王莉莉,郝爱民. 运动串:一种用于行为分割的运动捕获数据表示方法[J]. 计算机研究与发展, 2008, 45(3):527-534.
- [10] 柴桦,邹北骥. 基于条件随机场的连续运动识别技术[J]. 计算机工程 and 科学, 2009, 31(5):53-56.
- [11] 田苗,冯进良,文琴,等. 基于Linux系统的指纹识别门禁系统的研究[J]. 电子设计工程, 2014, 22(2):134-137.

作者简介:

刘凌霄女,(1977-),硕士研究生,副教授.研究方向为图形图像处理、智能信息控制.

宋强男,(1971-),博士研究生,副教授.研究方向为人工智能、图形图像处理.

E-mail:feixiang_883366@163.com