



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105310696 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 10

(21) 申请号 201510751929. 2

(22) 申请日 2015. 11. 06

(71) 申请人 中国科学院计算技术研究所

地址 100190 北京市海淀区中关村科学院南路 6 号

(72) 发明人 陈益强 陈振宇 沈建飞 蒋鑫龙  
忽丽莎 王双全

(74) 专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理有限公司 11280

代理人 王勇 李科

(51) Int. Cl.

A61B 5/11(2006. 01)

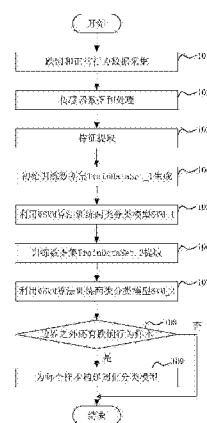
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

## (54) 发明名称

一种跌倒检测模型构建方法及相应的跌倒检测方法 and 装置

## (57) 摘要

本发明提供一种跌倒检测模型构建方法, 包括 : 1) 基于所述初始训练数据集, 采用加权 SVM 算法训练第一两类分类模型, 并且通过调整跌倒行为和正常行为的类别权重使得同时满足 : a : 确保初始训练数据集中所有跌倒行为样本能够被正确识别, b : 使初始训练数据集中被误识别为跌倒的正常行为样本数目尽可能小 ; 2) 将所有被识别为跌倒的训练样本从初始训练数据集取出, 构建第二阶段训练数据集 ; 3) 基于所述第二阶段训练数据集, 采用加权 SVM 算法训练第二两类分类模型, 并且通过调整类别权重使得 : 所有正常行为样本都能够被正确识别。本发明还提供了相应的跌倒检测方法 and 装置。本发明能够减少检测装置对用户生活的干扰 ; 且检测率高, 误警率低。



1. 一种跌倒检测模型构建方法, 涉及包括跌倒行为样本和正常行为样本的初始训练数据集, 其特征在于, 所述跌倒检测模型构建方法包括下列步骤:

1) 基于所述初始训练数据集, 采用加权 SVM 算法训练第一两类分类模型, 并且通过调整跌倒行为和正常行为的类别权重, 使得所训练的第一两类分类模型能够同时满足下述 a、b 条件:

a: 确保所述初始训练数据集中所有跌倒行为样本能够被所述第一两类分类模型正确识别,

b: 使所述初始训练数据集中被所述第一两类分类模型误识别为跌倒的正常行为样本数目尽可能小;

2) 将所有被所述第一两类分类模型识别为跌倒的训练样本从初始训练数据集取出, 构建第二阶段训练数据集;

3) 基于所述第二阶段训练数据集, 采用加权 SVM 算法训练第二两类分类模型, 并且通过调整跌倒行为和正常行为的类别权重, 使得所训练的第二两类分类模型能够满足: 所有正常行为样本都能够被所述第二两类分类模型正确识别。

2. 根据权利要求 1 所述的跌倒检测模型构建方法, 其特征在于, 当所述第二阶段训练数据集中存在被所述第二两类分类模型误识别为正常的跌倒行为样本时, 所述跌倒检测模型构建方法还包括步骤:

4) 对于被所述第二两类分类模型误识别为正常的每个跌倒行为样本, 为该跌倒行为样本构建一个以该样本自身为中心, 距离  $d$  为半径的区域作为距离阈值分类模型, 其中距离  $d$  是每个跌倒行为样本到其最邻近跌倒行为样本的距离的平均值。

3. 根据权利要求 1 所述的跌倒检测模型构建方法, 其特征在于, 所述步骤 1) 包括下列子步骤:

11) 为正常行为样本设置类别权重  $w1 = 1$ , 为跌倒行为样本设置权重  $w2$ ,  $w2$  是正常样本数除以跌倒样本数的结果的取整;

12) 基于步骤 11) 的设置, 采用加权 SVM 算法构建所述第一两类分类模型, 利用初始训练数据集进行测试, 如果所有的跌倒行为样本都被正确识别, 步骤 1) 结束; 否则转步骤 13);

13) 保持正常行为样本的权重  $w1$  不变, 跌倒行为样本的权重  $w2$  加 1, 转步骤 12)。

4. 根据权利要求 1 所述的跌倒检测模型构建方法, 其特征在于, 所述步骤 3) 包括下列子步骤:

31) 为正常行为样本设置权重  $w1$ ,  $w1$  是跌倒样本数除以正常样本数的结果的取整, 为跌倒行为样本设置权重  $w2 = 1$ ;

32) 基于步骤 31) 的设置, 采用加权 SVM 算法构建所述第二两类分类模型, 利用所述第二阶段训练数据集进行测试, 如果所有的正常行为样本都被正确识别, 步骤 3) 结束; 否则转步骤 33);

33) 保持跌倒行为样本的权重  $w2$  不变, 正常行为样本的权重  $w1$  加 1, 转步骤 32)。

5. 根据权利要求 1 至 4 任意一项所述的跌倒检测模型构建方法, 其特征在于, 所述跌倒行为样本是在人体跌倒时, 基于人体头部运动所采集的运动传感器数据, 所述正常行为样本是在人体正常运动时, 基于人体头部运动所采集的运动传感器数据。

6. 根据权利要求 5 所述的跌倒检测模型构建方法,其特征在于,所述人体正常运动包括:静止、走路、跑步、上下楼梯、抬头和低头。

7. 根据权利要求 5 所述的跌倒检测模型构建方法,其特征在于,所述运动传感器数据包括:加速度计所采集的三维数据和陀螺仪所采集的三维数据。

8. 根据权利要求 7 所述的跌倒检测模型构建方法,其特征在于,所述正常行为样本和跌倒行为样本由所述运动传感器数据中所提取的特征构成,所述特征包括:均值、标准方差、过零率、百分位数、关联系数、功率谱密度、频域熵和谱峰位置。

9. 基于权利要求 1 所述的跌倒检测模型构建方法的跌倒检测方法,其特征在于,包括下列步骤:

a) 利用所述第一两类分类模型,对待识别样本进行疑似跌倒行为识别;其中,所述待识别样本基于在用户头部实时采集的运动传感器数据得出;

b) 利用所述第二两类分类模型,对待识别样本进行进一步地分类,如果分类结果是跌倒则最终检测结果为跌倒。

10. 一种基于权利要求 2 所述的跌倒检测模型构建方法的的跌倒检测方法,包括下列步骤:

a) 利用所述第一两类分类模型,对待识别样本进行疑似跌倒行为识别;其中,所述待识别样本基于在用户头部实时采集的运动传感器数据得出;

b) 利用所述第二两类分类模型,对待识别样本进行进一步地分类,如果分类结果是跌倒则最终检测结果为跌倒;如果分类结果是正常,则进一步执行步骤 c);

c) 利用所述距离阈值分类模型对待识别样本进一步进行分类,如果分类结果是跌倒,则最终检测结果为跌倒。

11. 一种跌倒检测装置,其特征在于,包括:

集成在眼镜中的传感器单元,用于实时采集用户头部的运动数据;以及

数据处理单元,用于根据所述传感器单元所采集的运动传感器数据,基于权利要求 9 或 10 中任意一项所述的跌倒检测方法来检测用户是否跌倒。

## 一种跌倒检测模型构建方法及相应的跌倒检测方法和装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及健康监护及普适计算技术领域,具体地说,本发明涉及一种跌倒检测模型构建方法及相应的跌倒检测方法和装置。

### 背景技术

[0002] 跌倒是危害老年人及其他特殊人群的重要因素之一。据 2014 年央视新闻报道,跌倒已经成为老人伤害死亡的头号杀手。我国每年约有 4000 万 65 岁以上的老年人发生跌倒,每万人中有 8 位老人因摔倒死亡,有 40%~70% 会发生伤害需要就医,58.8% 的老人从此患有跌倒恐惧症,我国每年用于跌倒直接医疗费用为几十亿,间接费用为 3~5 倍。因此,及时的跌倒检测和救助可以为治疗和抢救赢得宝贵时间,对提高老人的独立生活能力、保障其健康和提高医疗监护水平都具有非常重要的作用。当前,我国已经进入老龄化社会且呈现加速发展态势,急需研发携带方便、检测准确、判断实时的跌倒检测装置和方法,以满足广泛的社会需求。

[0003] 目前已有的跌倒检测方法可以大致分为三类:一类是基于视频的检测方法。该方法通过在环境中布设彩色或深度摄像头,利用图像处理技术来检测用户跌倒。此方法不需要用户穿戴设备且有较成熟的算法支持,但监测范围有限,易受光线等环境因素影响,且不利于保护用户隐私。另一类是基于环境变量的方法。基于环境变量的方法通过在环境中布设压力、震动和声音等传感器件来综合判断用户的跌倒。此方法原理简单且受环境因素影响较小,但布设成本高且监测范围受限。还有一类是基于穿戴式装置所采集的运动传感器(例如加速度计、陀螺仪等)数据的检测方法。现有技术中,通常将集成了运动传感器的装置,固定在用户特定身体部位(如胸前、腰部、腿部等),通过识别特定部位的运动和姿态来判断用户跌倒。此方法不受监测范围限制,可以实现连续实时检测,但由于要求在身体特定位置穿戴较为不便的感知设备,对用户日常生活带来很大的干扰性,限制了此类方法的实际应用和推广。

[0004] 近年来,涌现出越来越多的新型可穿戴设备,例如智能眼镜、智能腕带、智能手表、智能鞋子等,这些新型可穿戴设备降低了对设备穿戴位置的限制,因此,可以考虑将跌倒检测装置融入到新型可穿戴设备以减小检测装置对用户生活的干扰。然而,这些新型可穿戴设备对应的穿戴位置的运动灵活性较高,这导致运动传感器所采集的人体运动数据具有更高的复杂性和多样性,使用传统的检测方法难以同时获得高检测率和低误警率。

[0005] 因此,当前迫切需要一种适合于能够基于具有高度复杂性和多样性的运动数据(例如头部运动数据)实现高检测率和低误警率的跌倒检测解决方案。

### 发明内容

[0006] 因此,本发明的任务是提供一种能够克服现有技术的上述缺陷的跌倒检测解决方案。

[0007] 第一方面,本发明提供了一种跌倒检测模型构建方法,涉及包括跌倒行为样本和

正常行为样本的初始训练数据集,所述跌倒检测模型构建方法包括下列步骤:

[0008] 1) 基于所述初始训练数据集,采用加权 SVM 算法训练第一两类分类模型,并且通过调整跌倒行为和正常行为的类别权重,使得所训练的第一两类分类模型能够同时满足下述 a、b 条件:

[0009] a:确保所述初始训练数据集中所有跌倒行为样本能够被所述第一两类分类模型正确识别,

[0010] b:使所述初始训练数据集中被所述第一两类分类模型误识别为跌倒的正常行为样本数目尽可能小;

[0011] 2) 将所有被所述第一两类分类模型识别为跌倒的训练样本从初始训练数据集取出,构建第二阶段训练数据集;

[0012] 3) 基于所述第二阶段训练数据集,采用加权 SVM 算法训练第二两类分类模型,并且通过调整跌倒行为和正常行为的类别权重,使得所训练的第二两类分类模型能够满足:所有正常行为样本都能够被所述第二两类分类模型正确识别。

[0013] 其中,当所述第二阶段训练数据集中存在被所述第二两类分类模型误识别为正常的跌倒行为样本时,所述跌倒检测模型构建方法还包括步骤:

[0014] 4) 对于被所述第二两类分类模型误识别为正常的每个跌倒行为样本,为该跌倒行为样本构建一个以该样本自身为中心,距离  $d$  为半径的区域作为距离阈值分类模型,其中距离  $d$  是每个跌倒行为样本到其最邻近跌倒行为样本的距离的平均值。

[0015] 其中,所述步骤 1) 包括下列子步骤:

[0016] 11) 为正常行为样本设置类别权重  $w_1 = 1$ ,为跌倒行为样本设置权重  $w_2$ ,  $w_2$  是正常样本数除以跌倒样本数的结果的取整;

[0017] 12) 基于步骤 11) 的设置,采用加权 SVM 算法构建所述第一两类分类模型,利用初始训练数据集进行测试,如果所有的跌倒行为样本都被正确识别,步骤 1) 结束;否则转步骤 13);

[0018] 13) 保持正常行为样本的权重  $w_1$  不变,跌倒行为样本的权重  $w_2$  加 1,转步骤 12)。

[0019] 其中,所述步骤 3) 包括下列子步骤:

[0020] 31) 为正常行为样本设置权重  $w_1$ ,  $w_1$  是跌倒样本数除以正常样本数的结果的取整,为跌倒行为样本设置权重  $w_2 = 1$ ;

[0021] 32) 基于步骤 31) 的设置,采用加权 SVM 算法构建所述第二两类分类模型,利用所述第二阶段训练数据集进行测试,如果所有的正常行为样本都被正确识别,步骤 3) 结束;否则转步骤 33);

[0022] 33) 保持跌倒行为样本的权重  $w_2$  不变,正常行为样本的权重  $w_1$  加 1,转步骤 32)。

[0023] 其中,所述跌倒行为样本是在人体跌倒时,基于人体头部运动所采集的运动传感器数据,所述正常行为样本是在人体正常运动时,基于人体头部运动所采集的运动传感器数据。

[0024] 其中,所述人体正常运动包括:静止、走路、跑步、上下楼梯、抬头和低头。

[0025] 其中,所述运动传感器数据包括:加速度计所采集的三维数据和陀螺仪所采集的三维数据。

[0026] 其中,所述正常行为样本和跌倒行为样本由所述运动传感器数据中所提取的特征

构成,所述特征包括:均值、标准方差、过零率、百分位数、关联系数、功率谱密度、频域熵和谱峰位置。

[0027] 第二方面,本发明还提供了一种跌倒检测方法,包括下列步骤:

[0028] a) 利用第一两类分类模型,对待识别样本进行疑似跌倒行为识别;其中,所述第一两类分类模型根据前文所述的跌倒检测模型构建方法的步骤 1) 得出,所述待识别样本基于在用户头部实时采集的运动传感器数据得出;本步骤中,如果所述第一两类分类模型分类结果是跌倒,则认为待识别样本属于疑似跌倒行为,继续执行步骤 b),如果所述第一两类分类模型分类结果是正常,则直接判定待识别样本为正常;

[0029] b) 利用第二两类分类模型,对待识别样本进行进一步地分类,如果分类结果是跌倒则最终检测结果为跌倒;其中,所述第二两类分类模型根据前文所述的跌倒检测模型构建方法的步骤 3) 得出。

[0030] 其中,所述步骤 b) 中,如果分类结果是正常,则进一步执行步骤:

[0031] c) 利用距离阈值分类模型进一步进行分类,如果分类结果是跌倒,则最终检测结果为跌倒,否则,最终检测结果为跌倒正常,其中所述距离阈值分类模型根据前文所述的跌倒检测模型构建方法得出。

[0032] 第三方面,本发明还提供了一种跌倒检测装置,包括:

[0033] 集成在眼镜中的传感器单元,用于实时采集用户头部的运动数据;以及

[0034] 数据处理单元,用于根据所述传感器单元所采集的运动传感器数据,基于前文所述的跌倒检测方法检测用户是否跌倒。

[0035] 与现有技术相比,本发明具有下列技术效果:

[0036] 1、本发明的检测装置佩戴部位灵活,能够减少检测装置对用户生活的干扰,易于推广。

[0037] 2、本发明能够同时实现高检测率和低误警率,从而获得高精度的跌倒检测结果。

## 附图说明

[0038] 以下,结合附图来详细说明本发明的实施例,其中:

[0039] 图 1 示出了根据本发明一个实施例的基于智能眼镜的跌倒检测模型的构建方法的流程图;

[0040] 图 2 示出了本发明一个实施例中第一阶段的训练数据集的样本空间及其分类边界的示意图;

[0041] 图 3 示出了本发明一个实施例中第二阶段的训练数据集及其分类边界的示意图;

[0042] 图 4 示出了本发明一个实施例的在线跌倒检测及报警方法的流程图;

[0043] 图 5 示出了本发明一个实施例的智能眼镜的眼镜腿的示意图;

[0044] 图 6 示出了本发明一个实施例的电子监测装置各个组成部分及其电学连接关系的方框图。

## 具体实施方式

[0045] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图,对本发明做进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施方式仅仅用以解释本发明,并不用于限

定本发明。

[0046] 本发明中,为了实现跌倒检测,首先需要离线训练跌倒检测模型,然后根据模型对传感数据进行在线识别,判断是否发生了跌倒等危险行为。其中,为了实现基于具有高度复杂性和多样性的运动数据(例如头部运动数据)的跌倒检测,并获得跌倒检测的高检测率和低误警率,本发明提出了一种两阶段跌倒检测算法。在一个实施例中,第一个阶段为疑似跌倒行为筛选阶段,采用加权 SVM 模型,并为跌倒样本赋予较大的权值,构建较为“宽松”的区分边界,使得疑似跌倒行为尽可能地被区分出来,实现高检测率;第二个阶段为即跌倒行为检测阶段,为了尽可能的筛除疑似跌倒中的正常行为,实现低的误警率,本发明融合加权 SVM 和距离阈值方法构建融合检测模型。通过为正常行为样本赋予较大的权值,构建“紧凑”的区分边界,使得尽可能的将正常行为筛除。对于部分被排除在外的跌倒行为,通过为每个样本构建“紧凑”的距离阈值模型,将其与正常行为区分开来,从而实现低的误警率。

[0047] 图 1 示出了根据本发明一个实施例的基于智能眼镜的跌倒检测模型的构建方法的流程图,该流程主要包括:

[0048] 步骤 101:采集跌倒和各类正常行为的运动传感器数据。本步骤中的采集为离线采集,所采集的是用户跌倒行为和正常行为的三维加速度数据  $\{(ax_1, ay_1, az_1), (ax_2, ay_2, az_2), \dots, (ax_n, ay_n, az_n), \dots\}$  和三维陀螺仪数据(即角加速度数据)  $\{(gx_1, gy_1, gz_1), (gx_2, gy_2, gz_2), \dots, (gx_n, gy_n, gz_n), \dots\}$ 。本实施例主要应用于智能眼镜中,而智能眼镜佩戴于人体的头部,因此所采集的运动传感器数据为头部运动数据。有多种正常运动行为可能会影响到基于人体头部所采集运动数据的跌倒识别精度,这些正常运动行为包括:静止、走路、跑步、上下楼梯、抬头/低头等。为了便于理解,图 2 示出了各类头部运动的样本空间的示意图,图中每个点代表一个头部运动的样本,其中圆点代表跌倒,矩形点、三角形点、菱形点、星形点和五角星点分别代表静止、走路、跑步、上下楼梯、抬头/低头等日常正常行为。

[0049] 步骤 102:传感器数据进行预处理。对具有相同采样时间的三维加速度数据以及陀螺仪数据进行合成,即  $A_i = \sqrt{ax_i^2 + ay_i^2 + az_i^2}$ ,  $G_i = \sqrt{gx_i^2 + gy_i^2 + gz_i^2}$ ,得到合成加速度数据  $\{A_1, A_2, \dots, A_n, \dots\}$  和合成陀螺仪数据  $\{G_1, G_2, \dots, G_n, \dots\}$ ,用长度为 L 的滑动窗口分别对合成加速度数据和合成陀螺仪数据进行分割。并且,在分割时相邻两个滑动窗口之间的数据没有重叠。

[0050] 步骤 103:进行特征提取。从每个滑动窗口提取特征,组成跌倒行为训练样本和正常行为训练样本。本实施例中,两种样本(指加速度数据样本和陀螺仪数据样本)的典型特征包括但不限于均值、标准方差、过零率、百分位数、关联系数、功率谱密度、频域熵和谱峰位置等。

[0051] 步骤 104:为跌倒行为和正常行为的样本分别赋予相应的类别标号(如跌倒行为的类标号为 -1,正常行为的类标号为 1),形成初始训练数据集 TrainDataSet\_1。

[0052] 步骤 105:根据初始训练数据集 TrainDataSet\_1,为跌倒行为赋予一个较大的类别权重,为正常行为赋予一个较小的类别权重,利用加权支持向量机 WSVM 分类算法(简称为加权 SVM 算法)训练一个两类分类模型 SVM\_1,模型的分类边界如图 2 的圆圈所示。这个分类边界要求:所有跌倒行为样本均被划入圆圈之内,同时使得被划入该圆圈之内的正常

行为样本尽可能少。如果,在当前的类别权重下,无法达到上述要求,则调整类别权重,重新训练两类分类模型 SVM\_1,直至该两类分类模型 SVM\_1 能够在确保所有跌倒行为样本被划入圆圈的前提下,使得被划入该圆圈之内的正常行为样本数目尽可能小。也就是说,对于初始训练数据集 TrainDataSet\_1,该两类分类模型 SVM\_1 能够在确保的所有跌倒行为样本被正确识别的前提下,使得被识别为跌倒的正常行为样本的数目尽可能少。基于两类分类模型 SVM\_1 的识别可以视为总的识别过程的第一阶段,即疑似跌倒行为筛选阶段。

[0053] 需要说明的是,“使得被识别为跌倒的正常行为数目尽可能少”这一目标并不是绝对的,为了降低计算复杂度,只需要两类分类模型 SVM\_1 大致符合该目标即可。基于此,在一个实施例中,步骤 105 包括下列子步骤 1051 ~ 1053 :

[0054] 步骤 1051 :首先为正常样本设置权重为  $w_1 = 1$ ,为跌倒样本设置权重为  $w_2$ ,  $w_2$  是正常样本数除以跌倒样本数的结果的取整。

[0055] 步骤 1052 :利用上述设置构建加权 SVM 模型,并利用训练数据进行测试,如果所有的跌倒样本都被正确识别,结束 ;否则转步骤 1053 ;

[0056] 步骤 1053 :保持正常样本的权重  $w_1$  不变,跌倒样本的权重  $w_2$  加 1,转步骤 1052。

[0057] 另外,加权 SVM 算法属于机器学习领域的通用方法,因此本文中不做赘述,加权 SVM 算法的具体内容可参考文献 Wang M., Yang J., Liu G. P., Xu Z. J., Chou K. C., Weighted SVM for predicting membrane protein types based on pseudo amino acid composition, Protein Engineering, Design and Selection, 2004, 17 (4), pp. 1-8.

[0058] 步骤 106 :将被步骤 105 的两类分类模型 SVM\_1 识别为跌倒 (实质上是疑似跌倒) 的样本从初始训练数据集 TrainDataSet\_1 取出,构建第二阶段训练数据集 TrainDataSet\_2。参考图 2,本步骤实际上就是将黑色圆圈以内的样本提取出来,形成第二阶段训练数据集 TrainDataSet\_2。

[0059] 步骤 107 :根据第二阶段训练数据集 TrainDataSet\_2,为跌倒行为赋予一个较小的类别权重,为正常行为赋予一个较大的类别权重,利用加权 SVM 算法训练一个两类分类模型 SVM\_2,图 3 示出了一个实施例中第二阶段的训练数据集及其分类边界。该分类边界在图 3 中以椭圆表示,该分类边界要求能够将所有的正常行为样本排除在该椭圆以外,即第二阶段训练数据集 TrainDataSet\_2 所有正常行为样本都能够被两类分类模型 SVM\_2 正确识别。

[0060] 在一个实施例中,步骤 107 包括下列子步骤 1071 ~ 1073 :

[0061] 步骤 1071 :首先为正常样本设置权重为  $w_1$ ,  $w_1$  是跌倒样本数除以正常样本数的结果的取整,为跌倒样本设置权重为  $w_2 = 1$  ;

[0062] 步骤 1072 :利用上述设置构建加权 SVM 模型,并利用训练数据进行测试,如果所有的正常样本都被正确识别,结束 ;否则转步骤 1073 ;

[0063] 步骤 1073 :保持跌倒样本的权重  $w_2$  不变,正常样本的权重  $w_1$  加 1,转步骤 1072。

[0064] 步骤 108 :判断所述第二阶段训练数据集中,是否存在被所述第二两类分类模型误识别为正常的跌倒行为样本。如果判断为是,则进入步骤 109,如果否,则基于智能眼镜的跌倒检测模型构建过程完成。结合图 3 来说,本步骤就是判定分类模型 SVM\_2 所划定的分类边界之外是否还有跌倒行为样本,如果有,进入步骤 109,如果没有,基于智能眼镜的跌倒检测模型构建过程完成。



[0065] 步骤 109 :基于已知的跌倒行为样本构建距离阈值分类模型。本实施例中,对于模型 SVM\_2 所划定的边界之外的每个跌倒行为样本,为该跌倒行为样本构建一个以该样本自身为中心,距离  $d$  为半径的区域,在这个区域范围内的样本均被判定为跌倒。其中,距离  $d$  的大小等于每个跌倒行为样本到其最近邻跌倒样本的距离的平均值。本发明中,每个样本都由步骤 103 所提取的特征来表示,这一系列特征就构成了特征向量,所述的距离指的就是两个样本的特征向量之间的距离。图 3 中的虚线圈示出了两个以跌倒行为样本自身为中心,距离  $d$  为半径的区域,进入这个区域的待识别样本均被距离阈值分类模型判定为跌倒。

[0066] 步骤 109 结束后,基于智能眼镜的跌倒检测模型构建过程完成。

[0067] 进一步地,根据本发明的一个实施例,还提供了一种在线跌倒检测及报警的方法,图 4 示出了该方法的流程,该流程包括下列步骤:

[0068] 步骤 201 :对行为数据进行在线采集。即用户佩戴智能眼镜,利用智能眼镜内嵌的加速度计、陀螺仪等传感器采集该用户头部的实时行为数据。

[0069] 步骤 202 :对采集的传感器数据进行预处理,预处理方法与步骤 102 相同,此处不再赘述。

[0070] 步骤 203 :从预处理之后的传感器数据提取特征,组成测试样本。提取的特征与步骤 103 相同,此处不再赘述。

[0071] 步骤 204 :基于步骤 203 所提取的特征生成测试样本。

[0072] 步骤 205 :将测试样本输入 SVM\_1 模型。即开始第一阶段识别。

[0073] 步骤 206 :判断 SVM\_1 模型的分类结果是否为跌倒,如果是,进入步骤 207,如果否,进入步骤 211。

[0074] 步骤 207 :将测试样本输入 SVM\_2 模型。即开始第二阶段识别。

[0075] 步骤 208 :判断 SVM\_2 模型的分类结果是否为跌倒,如果是,进入步骤 212,如果否,进入步骤 209。

[0076] 步骤 209 :将样本输入距离阈值分类模型。

[0077] 步骤 210 :判断样本是否在距离阈值分类模型所划定的范围之内,如果是,进入步骤 212,如果否,进入步骤 211。

[0078] 步骤 211 :输出检测结果“正常”。

[0079] 步骤 212 :输出检测结果“跌倒”。

[0080] 在实际测试中,对基于传统单一分类器的检测方法和本发明所提出的两阶段检测方法的效果进行了对比,结果显示,基于加权 SVM 模型的两阶段检测方案的  $F_1$  值显著高于基于单一加权 SVM 分类器的  $F_1$  值,通常来说该  $F_1$  值可提高 6% 以上。此处,  $F_1$  值就是  $F_1$  score,它是本领域常用的一个融合了检测精度 (precision) 和召回率 (recall) 的综合评价指标。

[0081] 在本发明的一个实施例中,还进一步提供了一种能够实现跌倒检测的智能眼镜,该智能眼镜包括了嵌入了电子监测装置的眼镜腿,图 5 示出了该智能眼镜的眼镜腿的示意图,参考图 5,嵌入眼镜腿 2 的电子监测装置包括电源单元 1、数据处理单元 3、传感器单元 4、蓝牙传输单元 5、设备开关 6 以及模块间的连接设备和外围保护装置等。其中,传感器单元 4 包括加速度计 41 和陀螺仪 42。图 6 示出了一个电子监测装置各个组成部分及其电学连接关系的方框图。参考图 6,数据处理单元与电源单元、传感器单元和蓝牙传输单元相连,

从传感器单元获取传感器数据进行分析处理,在发现跌倒等危险行为时通过蓝牙传输单元发送报警信息;电源单元为整个电子检测装置提供电源;传感器单元包括加速度计和陀螺仪;设备开关用于开启或关闭电子监控装置。

[0082] 其中,传感器单元用于采集用户头部运动的传感器数据。数据处理单元具有三个主要功能:其一是控制各个传感器的采样;其二是接收传感器采集的数据,并根据数据处理流程对传感器数据进行处理,判断是否发生跌倒等危险行为;其三是在检测到跌倒行为时,向蓝牙通信模块发送报警消息。蓝牙通信模块接收数据处理单元发送的报警消息,将消息转发给用户携带的移动电话或其它智能终端(例如智能腕表等),再通过移动电话或智能终端将消息发送给监护人或者监测中心。开关用于控制电源单元的工作状态,实现开启或关闭电子监控装置。

[0083] 最后应说明的是,以上实施例仅用以描述本发明的技术方案而不是对本技术方法进行限制,本发明在应用上可以延伸为其它的修改、变化、应用和实施例,并且因此认为所有这样的修改、变化、应用、实施例都在本发明的精神和教导范围内。

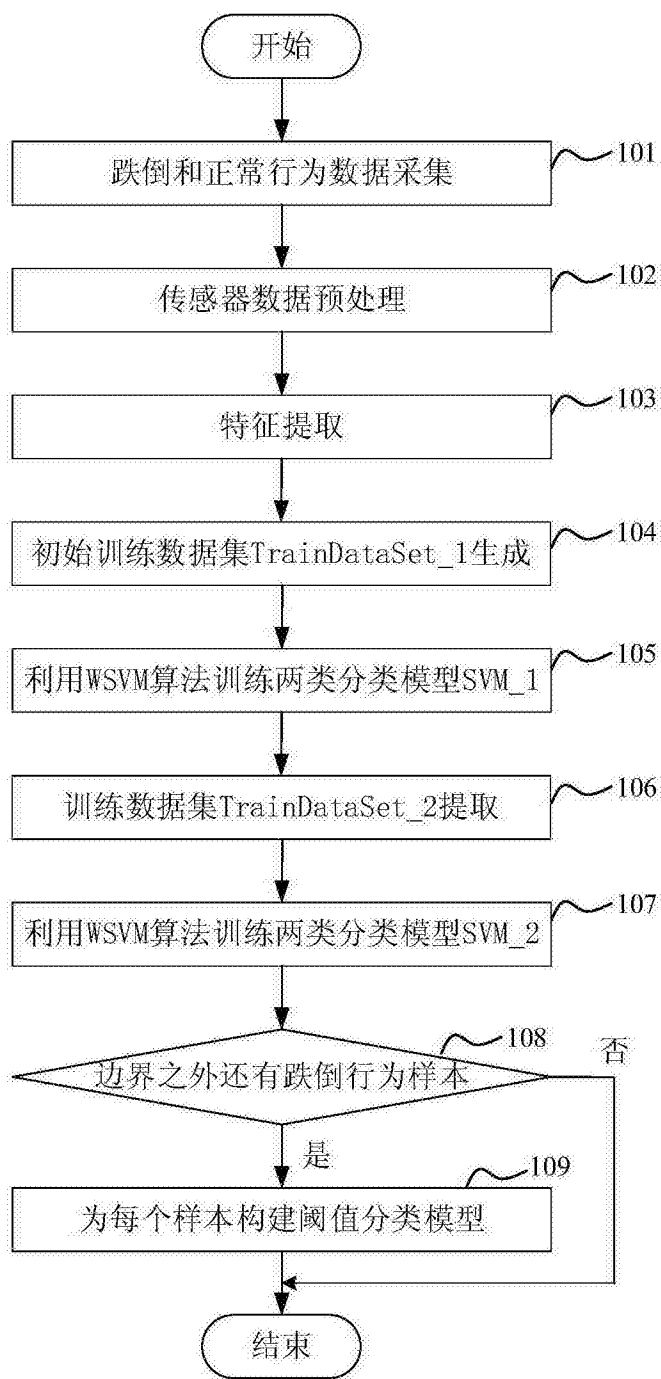


图 1

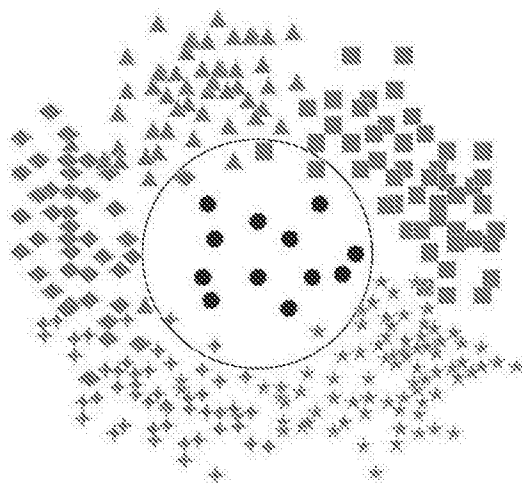


图 2

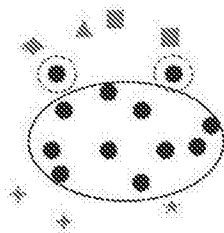


图 3

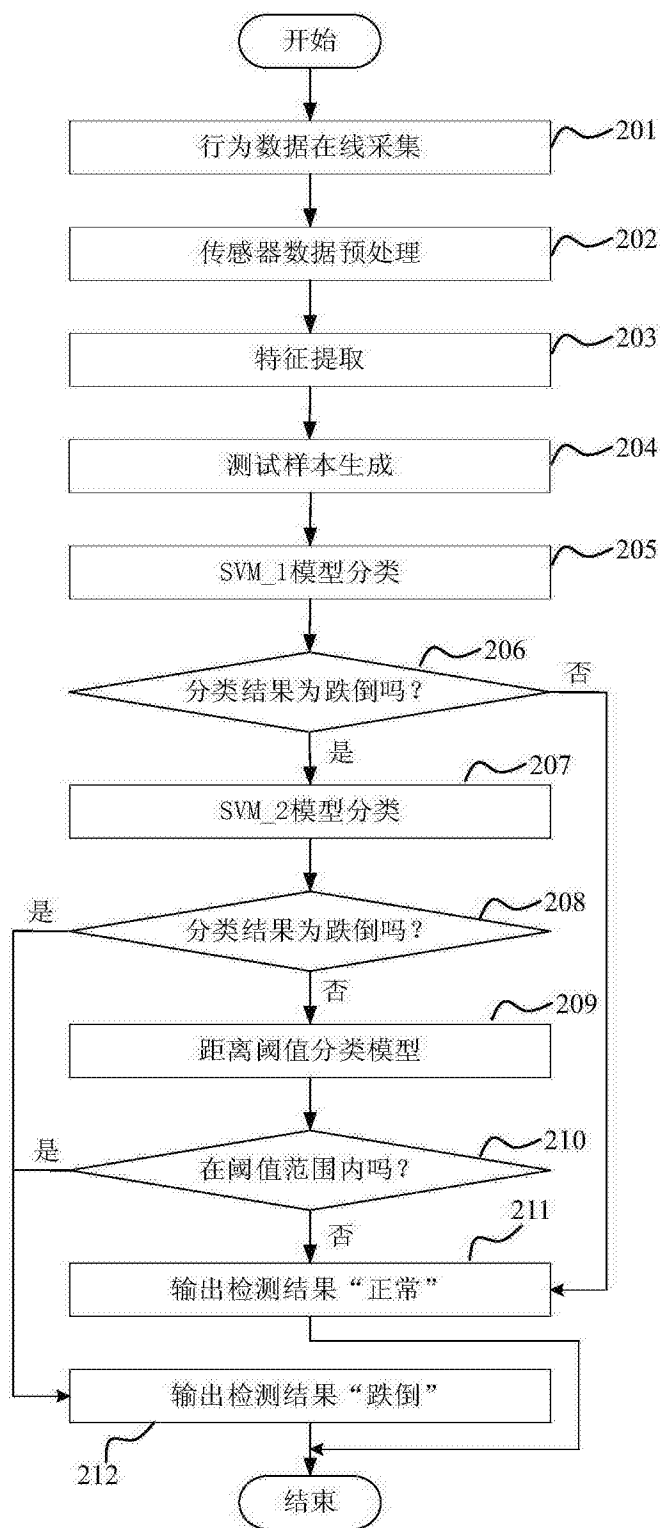


图 4

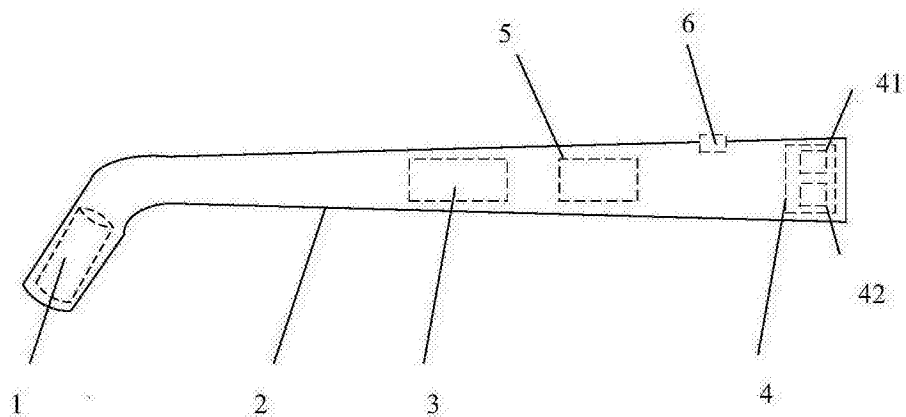


图 5

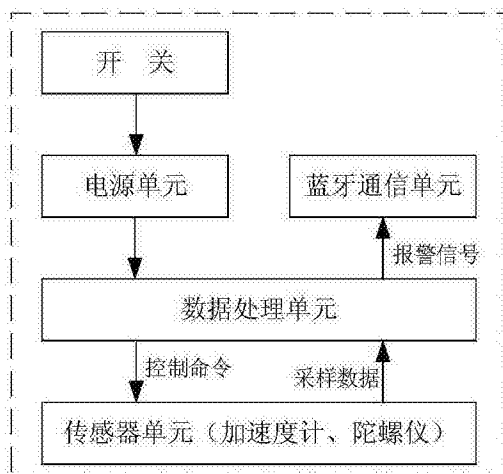


图 6