**结项报告**

**项目名称：基于Android的创新应用案例**

**研究和开发——运动辅助设备**

**项目负责人：党心悦**

**项目负责人电话：15396277897**

**项目负责人Email：245459070@qq.com**

**项目类型：（√）创新训练项目；**

**（ ）创业实践项目**

**学校： 厦门大学**

**院系： 信息科学与技术学院**

**结项日期： 2018.10**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目预期成果 | 能制作出可对跑步姿势进行纠正的App并搭配推出一个简易智能穿戴设备，该作品搭配使用可通过分析训练者跑动时的加速度等各项数据，列举训练者在跑步过程中比较可能存在的某些姿势不规范的问题并给出相应的纠正建议。 | | | | | |
| 项目执行总结 | 一、项目概述  本项目为软硬件结合的项目，硬件方面采用加速度传感器对人体跑动中的加速度数据进行采集；软件方面配备有一款App，该App可对人体跑动过程中的加速度数据进行实时采集，同时后台对采集到的数据进行处理分析，实时地给出运动建议分析。  （一）硬件概述  本项目使用含有加速度传感器的运动辅助设备对于人体跑动过程中的真实数据进行采集。为了尽可能地对人体跑动过程中的真实数据进行采集，应尽量在采集过程中使得采集器的位置固定并尽量避免采集器自身的晃动引起的数据偏差问题。在实验中，我们将采集器固定在受试者脚面部位，测试部位及设备佩戴方式如下图所示：  P81031-123935  （二）软件概述  （1）软件功能：  1. 实时的采集人体足部的加速度，角速度数据，并可记录为csv文件。  2. 实时的运动计步功能。  3. 实时的分析人体步态的正确性，和使用者跑步的快慢。  4. 根据数据进行风险分析，给出使用者综合建议。  （2）软件流程图：  未命名文件  （3）软件使用方法：  1. App（酷跑\_1\_0.apk）需要申请的权限有：蓝牙，手机定位和存储权限。当申请权限失败时，App无法正常工作，需要重新启动。  2. 界面最上方有三个按钮：“初始化连接”在采集数据前使用，可以完成对设备的连接，即传感器与手机的配对；“检查配对状态”可用于检测是否连接成功；“断开连接”则是取消配对。  3. 界面上部有两个按钮：“获取数据”在配对成功后使用，即开始采集所有数据；“步数清零”则是将界面中步数的数据初始化。  4. 界面最下部有两个按钮，分别控制当前的状态下，是否采集数据，和是否记录数据。  5. 采样频率约为200Hz，记录数据在SD卡的根目录下，文件名为data.csv。  二、开发流程简述  总开发流程示意图如下：  未命名文件  （一）构造人体模型及获得仿真数据  （1）构造人体模型  1、我们利用Blender绘制人体模型，将人体骨骼模型的头部抽象为1块骨头；颈部骨骼抽象为1根骨头；脊柱抽象为1根骨头；臀部抽象为1根骨头；肩膀及上肢部位抽象为8块骨头；腿部抽象为4根骨头；足部抽象为6根骨头。建立如下图所示的人体结构模型。同时，该模型的各部分骨骼长度及比例可以随时进行调整，以模拟不同人种、不同年龄层面的人体骨骼数据。    2、在此模型的基础上，我们利用Blender对人在跑动过程中的动画进行一步动画的模拟，并为该模型添加时间轴。通过对一步动画的分析及研究，为后面利用Python代码控制骨骼运动打好基础。  （2）利用Python代码实现对人体跑动姿态的骨骼控制  1、在前边的研究中，我们已经掌握了一步动画的模拟方式。接下来的工作中，我们将其扩展成为连续的多步动画来模拟跑动的整个过程。通过控制各个关节的角度来控制人体的跑步姿态。为了使运动保持连续性，我们在一个周期中包含了两个过程，即从初始角度开始变化，再回到初始角度。跑动的周期过程图如图所示。    2、首先我们模拟了人体的正常跑动姿态，在一个周期内，为了保证仿真过程的联系变化符合实际，我们假定各个关节的旋转角度均匀变化，并采用线性插值的方法来拟合各关节在每个关键帧时刻的旋转角度。  3、为了获得长时间，且符合现实的跑步数据，我们需要在原有线性变化的基础上加入随机抖动，来保证每个周期之间在大致符合跑步模型的基础上，都能够表现出差异性。通过设定不同的随机变量，来模拟出较为客观的数据。除了对跑动姿态的仿真外，我们还采用了人体模型整体的位移来模拟人体的前进，在大致匀速沿一个轴前进的基础上，加入了速度的随机该变量，和其他轴的随机位移量。  4、每一次角度和位移变化迭代更新后，都需要重新将此时的状态插入新的关键帧。至此，对于人体正确跑姿的模拟就结束了。  5、随后，我们在正确的跑步姿势模型基础上，通过改变某些关节旋转角度的变化来模拟错误的跑步姿势。  （3）利用imusim对生成的加速度数据进行导出  1、通过仿真，我们可以得到非周期性的连续逐帧动画，使用bodysim插件可以在blender中导出关于人体轨迹（位置，角度和旋转角）的，每一帧的数据（共7维）。  2、 为了更好地用于机器学习，我们设法将轨迹数据转换为加速度和角速度。我们借助imusim插件生成了仿真传感器（加速计和陀螺仪）。此外，为了简化模型，我们忽略了外部环境噪声和传感器丢包等效应。  3、经查阅文献，我们使用了效果最好的算法，线性加速度估计滤波（LAEF）算法，将轨迹数据转换为了加速度和角速度数据。至此，我们生成了可供机器学习训练的大量数据。  （二）APP的建立  2  下面我们对各部分的开发过程进行详细描述：  1、首先，我们使用Android Studio编程，利用预先提供的API接口，实时采集运动辅助设备的加速度，角速度，步数等数据，并使用蓝牙接口将设备的数据实时发送到手机上。可根据需要，在程序中修改采样频率。  2、之后，我们对app进行扩展。我们加入了对数据的采集和暂停，和步数的清零，还加入了将运动数据导出为.csv文件的功能，可用于真实的训练数据。  3、我们使用了仿真模型，和app采集到的真实数据作为训练样本，使用TensorFlow训练出一个较为理想的模型。我们最终生成了一个.pb文件，可以直接导入Android Studio的工程中，用于app的步态判断，并实现实时的步态检测。  4、通过对步态的判断，并结合了跑步的快慢等运动数据，我们最终可以得出对跑步分析的综合建议，较好的应用于实际使用者的跑姿纠正中。  （三）机器学习算法  （1）模型结构如下图所示：  C:\Users\lzhtony\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.MSO\66F5CF7F.tmp  输入层：由左右两脚的6轴加速度传感器分别采集得到12个加速度数据，100组连续的数据形成时间序列，作为模型的输入。  LSTM循环神经网络：首先通过一个全连接层将输入的时间序列中12个加速度数据转换并送入隐层大小均为32的2层LSTM单元中，提取出时间序列的特征。  分类输出层：提取出的特征通过一个全连接层分为正常和外翻两类。  优化目标：最小化模型输出和标签的交叉熵。  batch大小：50  epochs：100  （2）迁移学习：  训练神经网络所需要的数据，可以通过人类足部佩戴加速度传感器，分别用不同的姿势跑步采集得到。但这种方式的采集数据的成本太高，因此也可使用仿真软件生成数据，再进行迁移学习的方法。  通过人类运动姿势仿真软件（如Bodysim等）的仿真，生成大量正常、错误的跑姿数据，再通过少量人类采集的数据进行迁移学习来训练模型。  通过LSTM网络可以学习足够的时间序列特征，利用迁移学习方法，使用实测数据重新训练最后的分类层，就可以将仿真数据训练的模型应用在实测数据中。  （3）模型最终的效果：  在真实数据下测试，可以达到99.8%的分类准确率。 | | | | | |
| 项目创新与亮点 | 将可穿戴设备与移动应用相结合，利用机器学习与人工智能技术，对测试者跑动过程中的动作进行分析。 | | | | | |
| 项目实施的收获与体会 | 在该项目的实施过程中，我们体会到了团队合作和良好沟通的重要性。在项目的进展上，不能急于求成，要多阅读一些论文，在前人的基础上，发现不足，不断总结优化。在每一个阶段，都要和老师进行密切沟通，确保项目的有序进行。通过本次项目，我们的自主学习能力有了很大的提升，对于问题的分析、理解和改进能力都有了卓越的进步。 | | | | | |
| 经费预算及实际使用情况 | 预算 已使用  材料费（单片机、传感器等） 3000元 2400元  合计 3000元 2400元 | | | | | |
| 项目成果 | 申请专利情况（后附专利申请书扫描件）: | | | | | |
| 专利名称 | 发明人 | | 专利申请号 | | 备注 |
| 一种肢体动作识别与纠正辅助训练系统及方法 | 郑灵翔，党心悦，林欣，韩泽宇，江俊毅，林紫涵 | | ZL201910099724.9 | |  |
| 发表论文情况（后附发表论文及其当期刊物封皮、目录扫描件）: | | | | | |
| 论文题目 | 作者 | | 刊物名及期号 | | 备注 |
| A novel human skeleton modelling and running gait simulation system | Zeyu Han, Xin Lin, Xinyue Dang, Lingxiang Zheng, and Huiru  Zheng. | | IPSN 2019 | | 已投稿 |
| 其它成果（后附实物图片、图纸等）: | | | | | |
| 名称 | | | 说明 | | |
| 项目硬件实物图片 | | | 项目的软件成果展示 | | |
| 1 | | | Screenshot_20181031-124004 | | |
| 2 | | | Screenshot_20181031-124649 | | |
| 获奖情况（后附获奖证书）： | | | | | |
| 奖项名称 | | 获奖人 | | 院级/校级/市级/省级/国家级 | |
|  | |  | |  | |

|  |  |
| --- | --- |
| 指导教师意见 | 人体步态的检测与矫正是现实生活中一个很实际的应用，软硬件的结合与基于机器学习的开发是一个极富挑战性的项目。该小组通过仿真模型，神经网络等结合完成了一个可应用于实际的完整的运动辅助设备。我认为该项目已经较好的完成了既定的任务，在项目开发过程中大胆创新，基本达到了预期的效果，建议给予结项。  指导教师签字：  年 月 日 |
|  |  |

附件：