

# 科普|体育工程|《基于统计和机器学习的多可穿戴三轴加速度传感器对咳嗽事件的识别》

原创 刘泳庆 专业体育仪器器材 2021-08-03 16:57

前言：

“体育工程”的概念出现于1996年，其主要特征是利用工学领域的理论、技术和方法来分析和研究体育领域内的需求，并针对需求制定对应的研发方案和技术方案、具体实施工程，满足用户需求。

本专题旨在带来体育工程领域最新的科研成果，供广大读者参考。



题目：Statistical and Machine Learning-Based Recognition of Coughing Events Using Triaxial Accelerometer Sensor Data From Multiple Wearable Points

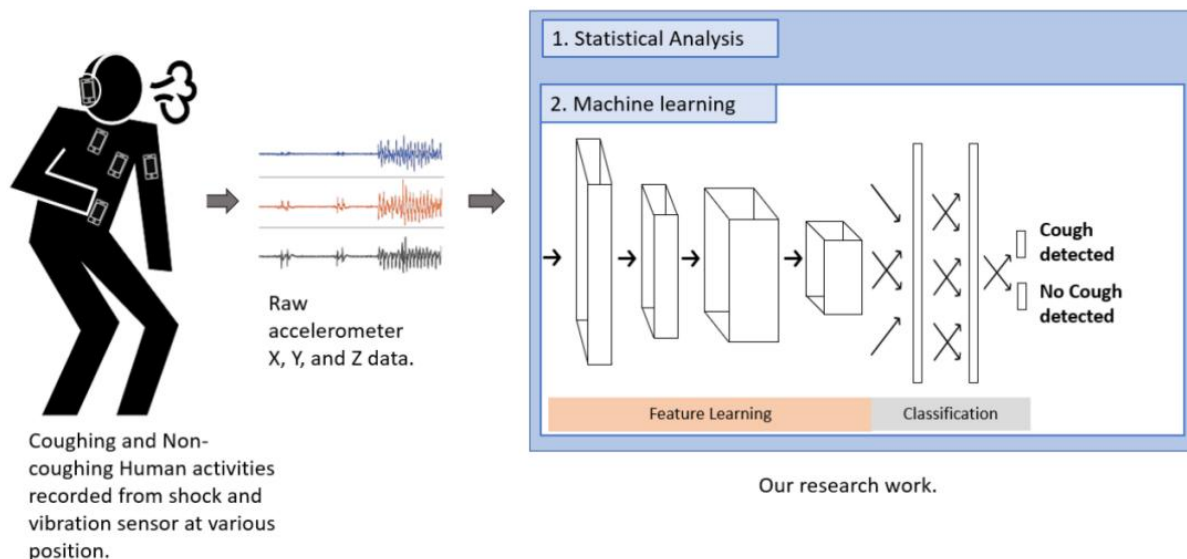
作者单位：加拿大卡尔加里大学 工程教育健康系

发表时间：2021年6月3日

期刊：IEEE Sensors Letters

摘要

论文基于佩戴于智能手机、手表、头戴式耳机和耳塞式耳机等电子产品常见的各种身体位置的加速度计的x、y和z三轴数据，检测和区分咳嗽和其他的如坐、站和走路等人类活动。该研究针对身体上五个不同位置测量了三轴加速度：胸部、胃、衬衫口袋、上臂和耳朵。针对这些在x、y和z方向上的测量值使用统计和机器学习（ML）方法进行分析，以研究咳嗽活动与其他人体运动引起的加速度的区别。使用这两种方法对测量数据的分析表明，安装在耳朵/耳机上的加速度计是最准确地检测和区分咳嗽的理想位置。



## 系统设计

将三轴加速度计传感器放置在人体的五个不同位置来研究咳嗽活动识别。三轴加速度是利用三星A20s智能手机和更快更紧凑的Mide Slamstick X加速度计进行采集并比较。论文的目标是使用统计和基于 ML 的信号处理方法研究数据，并找到最佳加速度计传感器位置，以准确咳嗽事件。

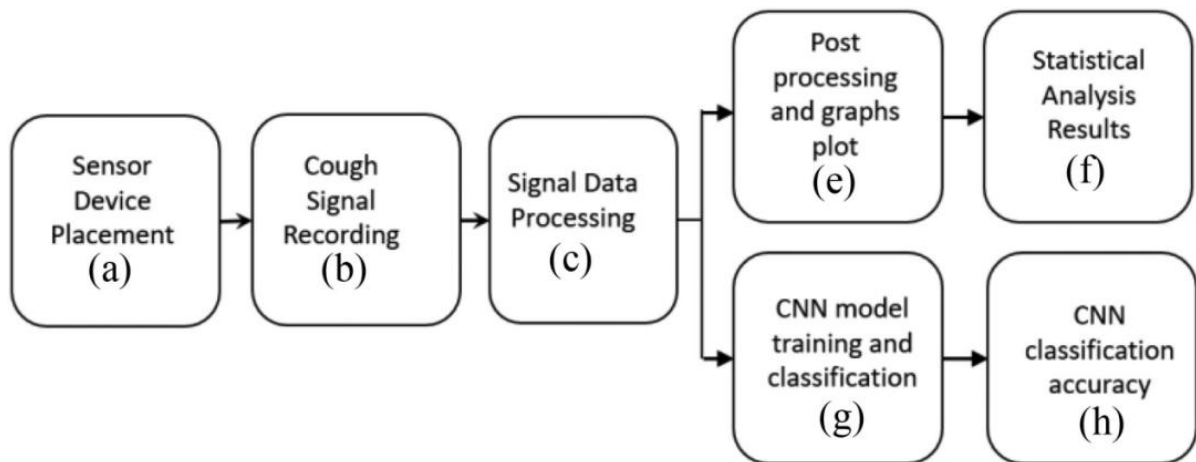


图1 传感器数据捕获和信号处理流程

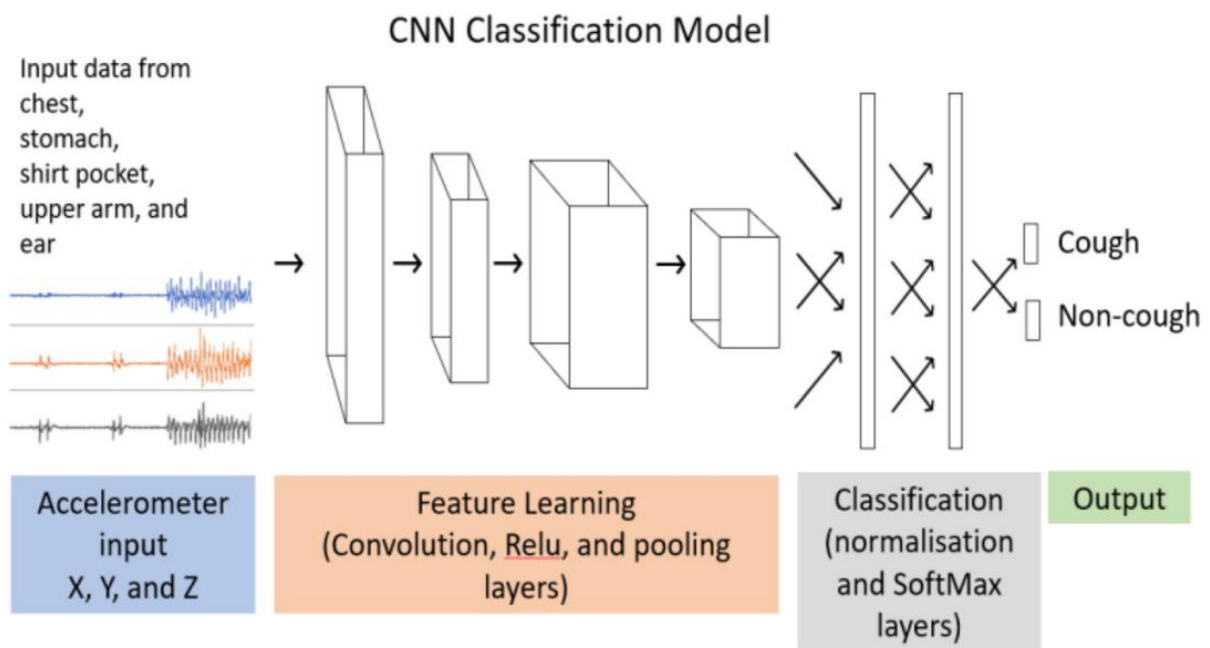


图2 分类流程

## 数据采集

三星A20 Android智能手机位于图3所示的位置1-4，而更紧凑的 Mide slam Stick-X加速度传感器则安装在耳机听筒中的位置5。智能手机具有内置的MEMS三轴加速度计，典型采样频率为50 Hz，分辨率为16bit，量程为±16g。基于Java编程语言在Android Studio开发环境中开发一个Android应用程序，用于以50Hz的速率记录可作为文本文件检索的加速度计数据。相比之下，Mide slam Stick是一种能够测量加速度的高速超便携式可充电数据记录器，其尺寸为7.5 cm×3 cm×1.5 cm，最高采样频率为5000 Hz，分辨率为16 bit，量程为±16 g。

使用Mide的enDAQ Lab软件存储来自设备的时间索引数据和元数据。使用Python 3.6进一步处理来自两个传感器的原始数据。

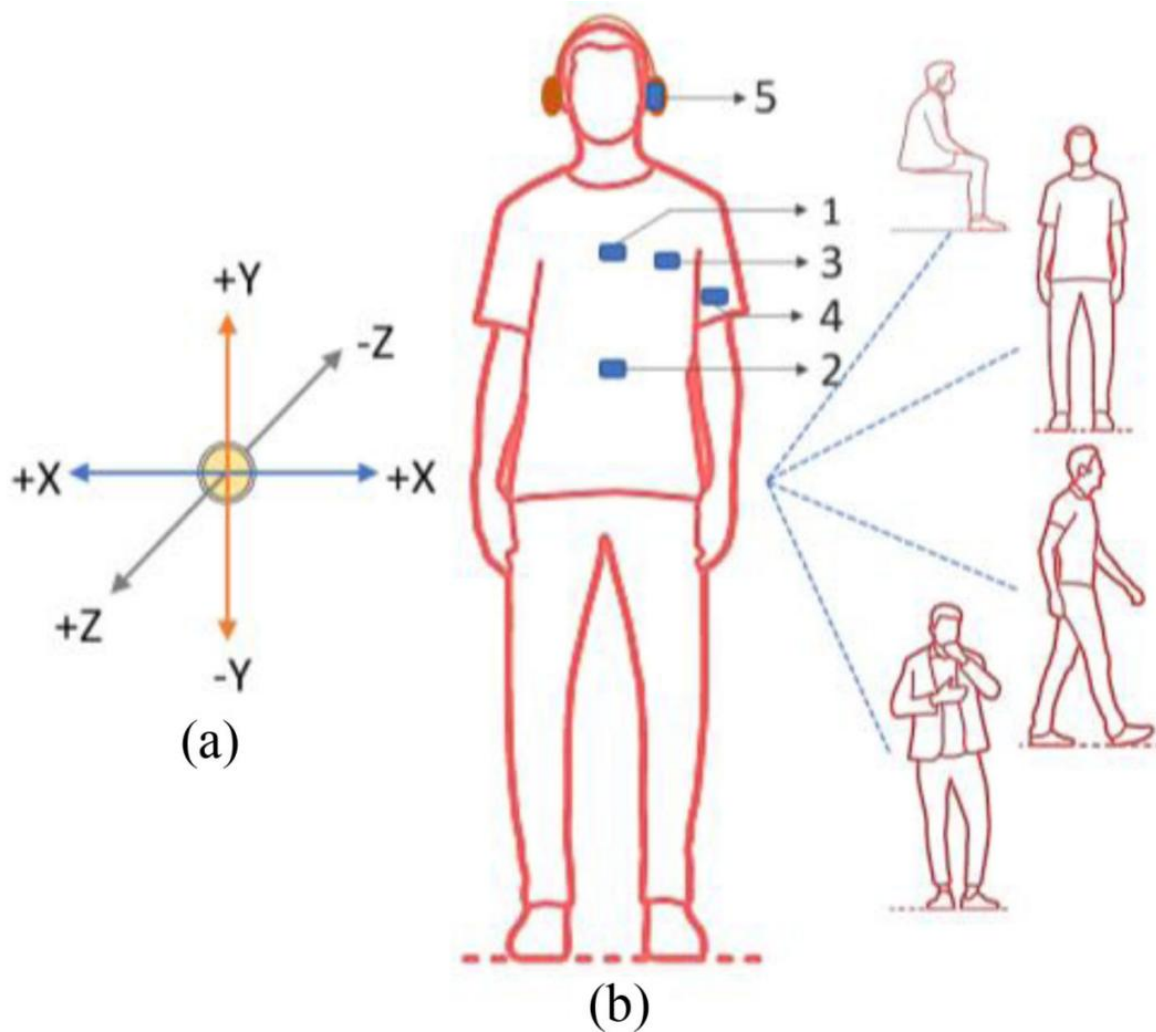


图3



图4

### 实验设计

以下是研究中考虑的不同活动：

- 1、坐着时每隔一定时间间隔咳嗽；

- 2、站立时每隔一定时间间隔咳嗽；
- 3、走路时每隔一定时间间隔咳嗽；
- 4、以稳定的步伐行走；
- 5、以稳定的步伐走路时持续咳嗽。

传感器放置在五个不同的位置：胸部、腹部、衬衫口袋、上臂和耳朵（图3）。在胸部、腹部和上手部，智能手机使用松紧带固定，使设备牢固且舒适。为了从衬衫口袋中记录数据，智能手机可以自由且合理地放置在衬衫口袋中。为了从耳朵位置记录数据，Mide加速度计贴在耳机的一侧以模拟耳机的听筒[图4(b)]。

研究人群包括五名健康受试者，每个受试者发生了125次咳嗽。

## 数据处理

使用Python处理来自智能手机和Mide传感器的加速度数据以进行统计和机器学习分析。标准偏差(SD)是对加速度计数据的统计离散度的度量，用于找出相应活动和位置的信噪比变化程度。

方法1：将咳嗽活动的SD与沿z轴对应的前后身体运动对应的125个咳嗽信号的等持续时间的步行活动进行比较。

方法2：使用顺序 1D-CNN 模型来训练加速度计步行和咳嗽数据。模型的输入是原始加速度计 x、y和z数据标准标量转换为向量。输出是两类（咳嗽和非咳嗽），包括其概率[图1(g)和(h)]。该模型针对来自每个位置的数据分别进行训练，以找到最敏感的位置。

咳嗽事件包括吸入空气，然后是压力增加和空气的快速排出。这导致人体向前后和上下方向运动，对应于沿 Y 和 Z 的加速度发生显著变化（图 5）。

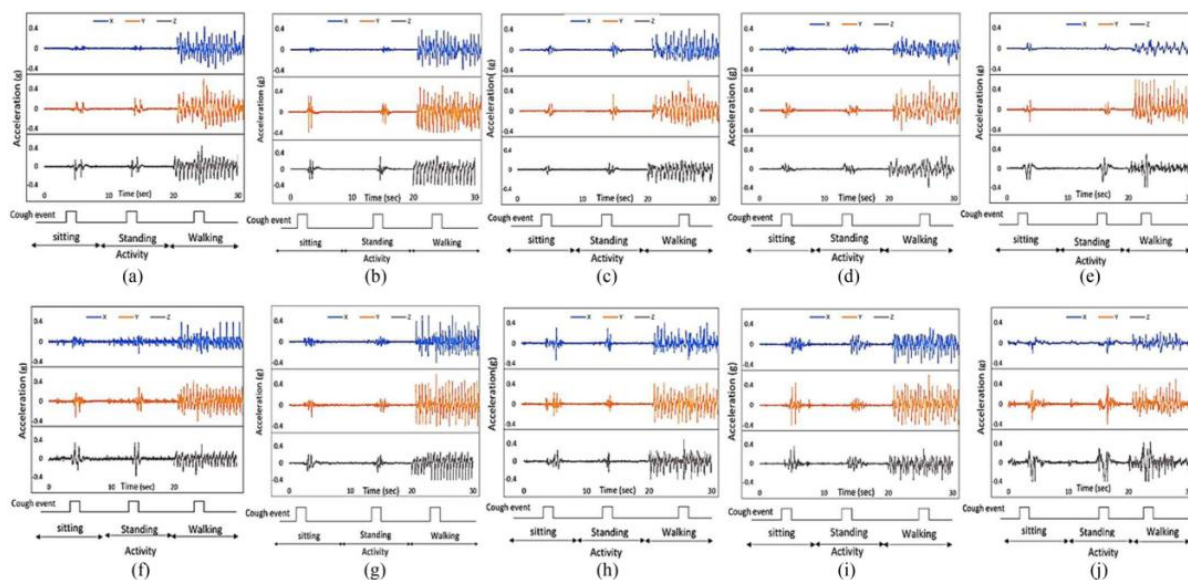


图 5

## 基于CNN的活动识别

利用开源TensorFlow平台中的1D-CNN模型，它是一个深度ML模型，接收来多通道输入的加速度数据。

### A. 数据集

数据集由1000次步行活动和1000次咳嗽活动数据组成，窗口时间为1.5 s。数据使用标准标量变换进行预处理。样本x的标准范围计算为：

$$z = \frac{(x - u)}{s}$$

其中u是均值，s是训练样本的SD。输入数据以4:1的比例拆分为训练数据和测试数据。

## B. 训练模型参数

论文实现了一个五层的1D-CNN分类模型。训练神经网络的参数如下：卷积滤波器的数量：128；training batch size: 84；training epoch size: 25；drop out: 0.5。我们使用自适应运动估计方法进行优化。

## 实验结果

在坐或站立的活动中的加速度的扰动清晰可见（图5）。然而，当测试对象正在行走时，由于行走运动引起的噪声会掩盖由于咳嗽引起的加速度扰动。进一步观察测量结果表明，对于不同的位置，咳嗽对加速度的扰动的干扰在前后方向（z轴）上更为显著。

佩戴在耳朵上的加速度计即使在走路时也显示出对咳嗽的最高敏感性（图6），其次是佩戴在胸部的加速度传感器。这是由于沿z轴和y轴产生的加速度信号的SNR较高。平均而言，即使有步行活动，耳朵和胸部的传感器测量值也分别有0.13和0.11 g SD差异，证明耳朵对咳嗽信号幅度调制的敏感度比胸部高15%（图6(b)）。

类似的，1-D CNN分类方法对耳朵位置的加速度计数据也表现最好（测试准确率为97%），其次是胸部（测试准确率为92%）。

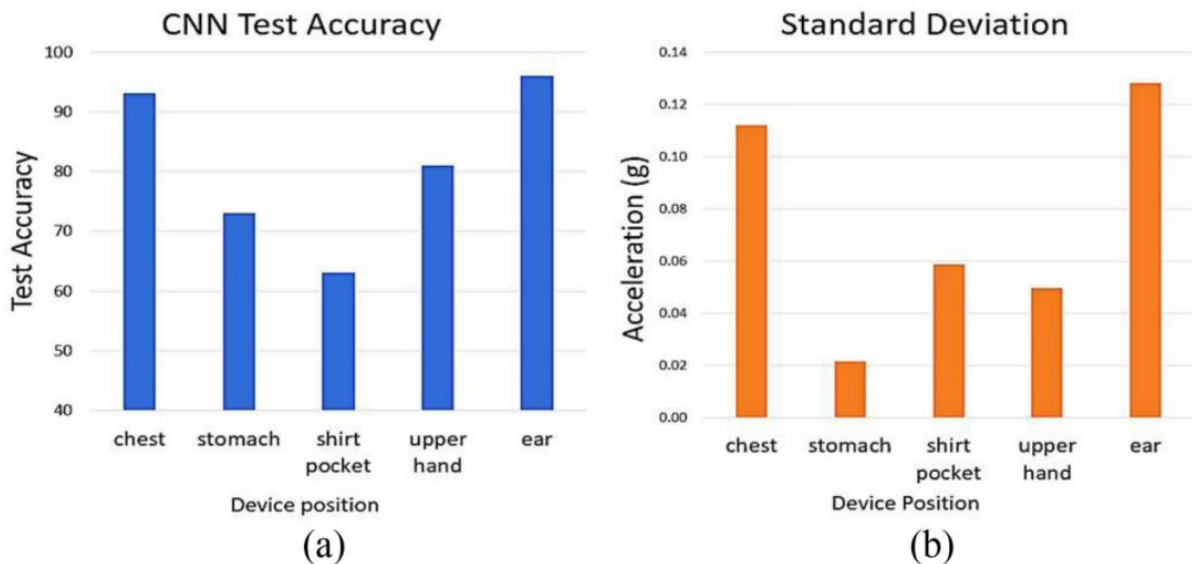


图 6

## 结论：

使用安装在耳机中的加速度计测量的加速度在检测咳嗽事件时的准确度最高，其次是佩戴在胸前的智能手机测量的加速度。下一步计划研究同时记录的多个身体位置的组合数据（例如同时记录的胸部和耳朵数据），以提高咳嗽分类的准确性。

原文信息： K. Doddabasapla and R. Vyas, "Statistical and Machine Learning-Based Recognition of Coughing Events Using Triaxial Accelerometer Sensor Data From Multiple Wearable Points," in IEEE Sensors Letters, vol. 5, no. 6, pp. 1-4, June 2021, Art no. 6001104, doi: 10.1109/LENS.2021.3074183.

---

文字编辑：刘泳庆

责任编辑：陈 骐



## 编者寄语

为了进一步推动体育工程助力体育强国建设，国家体育总局体育科学研究所体育工程中心将开始收集和整理当前人工智能、传感器、数据科学、人机工程学、网络与通信等先进技术应用于体育训练、科学研究和教育等领域的最新成果，与广大体育界同仁共享交流。发布的成果由国家体育总局体育科学研究所体育工程中心组织专家遴选并编辑，由合作单位提供微信排版和发布等技术支持。欢迎广大同仁关注，提出宝贵意见和建议，并积极投稿，共同为体育强国建设贡献力量。联系邮箱：[liuyongqing@ciss.cn](mailto:liuyongqing@ciss.cn)

阅读 63

分享 收藏

3

1

写下你的留言