

# 智步轻云——基于步态分析的智能鞋

队名：“足”智多谋

## 一、综述

本作品拟采用人工智能算法实现步态分析与传统制鞋产业相结合，开发真正具有医疗价值智能鞋，对于疾病预警、筛查、康复理疗具有真正的指导意义，拟从感知器件、传输网络以及运动数据算法研究几个方面开展。拟采用人工智能算法实现一套步态云系统的开发。在感知层面形成兼容传统制鞋工艺的标准智能感知器件，包括足压、运动方向、足部轨迹等多方面参数感知。

## 二、市场现状与创意来源

本研究拟采用人工智能算法实现步态分析与传统制鞋产业相结合，开发真正具有医疗价值智能鞋，对于疾病预警、筛查、康复理疗具有真正的指导意义，研究拟从感知器件、传输网络以及运动数据算法及APP研究几个方面开展。以下是对于这一作品的有关研究背景：

### 1、行业分析

《2023 智能家庭医疗趋势报告》行业报告深入解读：未来，**智能家庭医疗行业**将进入快速发展时期，在 AI、5G 等技术的推动下，家庭医疗设备将更加智能化，可穿戴设备在医疗领域的应用将更加广泛。同时，随着线上线下一体化医疗服务的进一步发展，智能家庭医疗将实现更大范围的普及。此外，随着人们健康意识的增强和互联网技术的不断成熟，未来智能家庭医疗市场将迎来爆发式增长，行业竞争也会愈加激烈。只有打造独特优势、建立品牌认知、形成差异化竞争，才能在这场医疗健康领域的争夺战中占据有利地位。

### 2、中医角度

百病从脚起：脚是人体重要的组成部分，具有支撑、负载、减震和行走的多种功能，被认为是人体的“第二心脏”。作为一个全息胚，脚上有 62 个区域分别代表着人体的所有器官，被称为“放射区”，身体的五官、四肢、躯干和五脏六腑都在脚上存在相应的敏感点。它们间的联络、流注、交汇规律，可以调节人体的新陈代谢和内分泌机制，既可以使许多疾病通过足部发生，也可以使许多疾病通过足部得到准确的诊断和有效的

### 3、技术层面

《Smart Materials and Structures》上的文章讨论了智能材料在自适应系统中的应用，但将这些技术应用到家用鞋中，仍需克服重量、耐用性和成本效益等方面的难题。

在结构设计方面，目前已有一些研究关注可变结构鞋底的设计。一些学者提出了基于形状记忆合金和电致变色材料的鞋底设计方案，能够根据用户的需求和步态特点进行形状调整和压力分布优化。

在感知方面，结合《Journal of Biomechanics》等期刊的研究成果，开发高精度、低侵入性的步态分析传感技术，以实现对用户步态的精准捕捉和分析。

在健康管理方面，已有一些智能鞋垫产品可以提供步态分析和健康建议

在国内外的的发展情况中，我们特别关注了利用 3D 打印技术制造个性化鞋底的进步。例如，国外的一些研究和产品开发团队已经开始采用 3D 打印技术，根据消费者的足部 3D 扫描数据来定制鞋底。这种方法不仅能够提供更贴合个人脚型的鞋底，而且能够在设计上实现更多的个性化和创新。

国际上有研究团队通过集成高精度压力传感器和柔性电路来提升步态数据的收集和分析能力。这种技术可以实时监测用户的步行压力分布和步态模式，对于预防脚部伤害和改善步态有着重要的作用。

国内一些创新性研究正在探索使用智能材料来制造鞋底，如形状记忆合金。这些材料可以在经过特定温度变化或电流刺激后改变硬度和形状，实现鞋底的动态适应。治疗。

#### 4、竞品分析

现有的智能鞋在一些局限性，如缺乏个性化的服务和精准的运动损伤预测。

现有对于智能可穿戴足底压力检测的探索仍旧匮乏。

现在主流的方法是利用 3D 摄像机记录走路姿势并进行全局分析，然而单单的脚步视频对机器人分析是一个巨大的挑战。

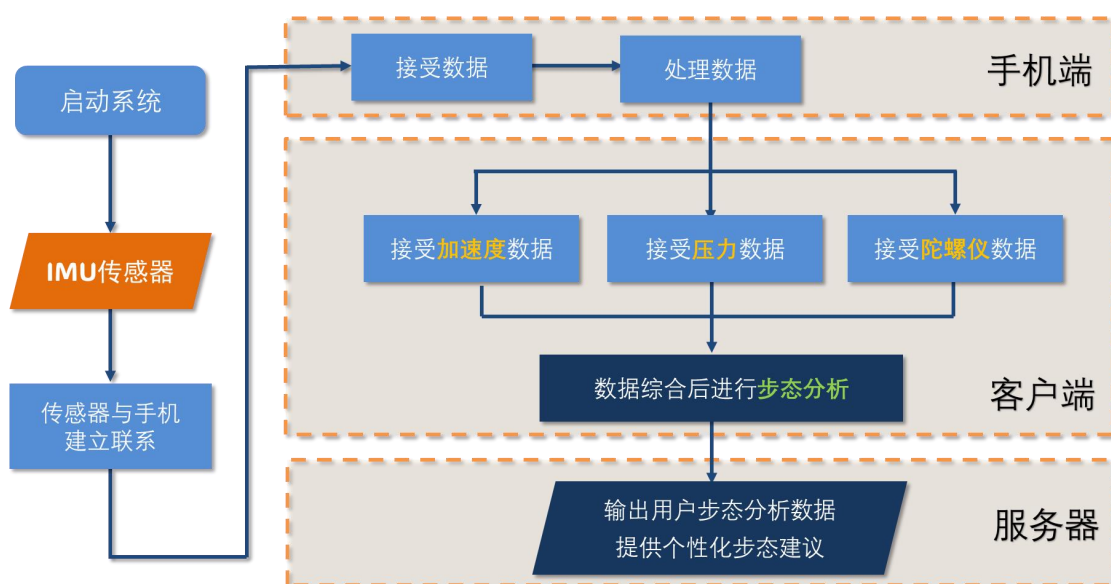
### 三、设计目标

我们现在拟用这款智能鞋，只要打开**小程序**，可以输出**运动轨迹图**，提供**步态纠正建议**，帮助用户改善行走姿势，提供个性化的运动训练建议，帮助用户改善步态和运动技能，预防多种疾病或是为专业人士提供更好的训练方案。

**给出的步态纠正建议包括但不限于：**

正确的步幅长度、脚掌着地方式、步频调整、姿态校正、脚内/外翻建议、节奏和协调性、地面接触时间、对称性分析、疲劳提醒、个性化训练计划……

**我们所设计的作品运行流程图如下：**

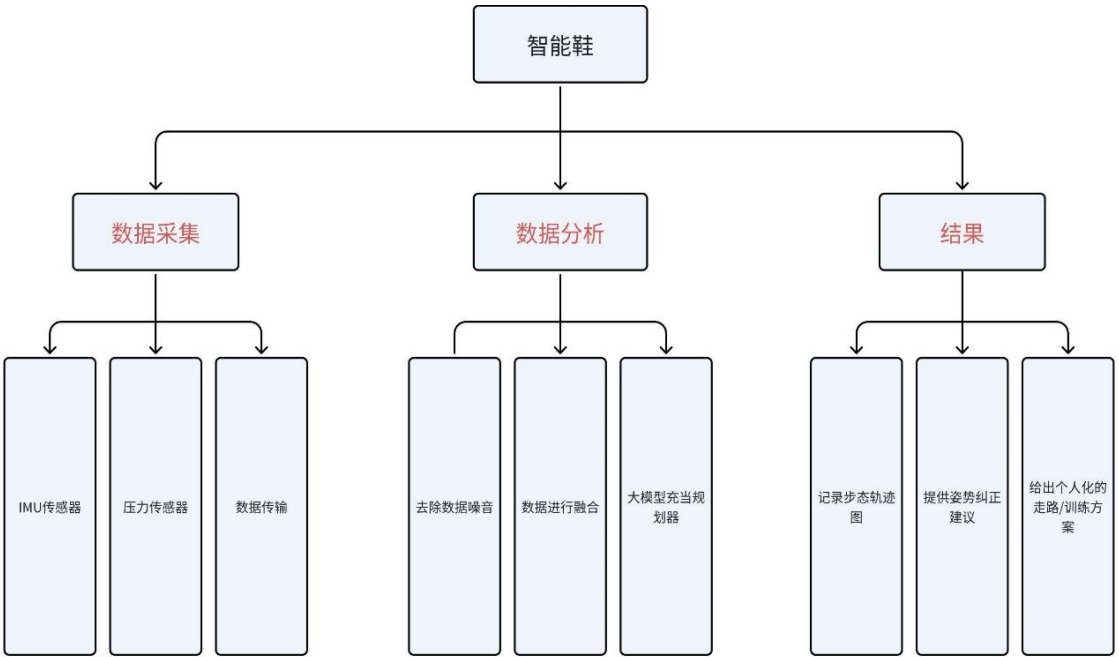


我们所设计的小程序概念界面（UI）如下：



四、数据采集与数据处理

该部分的整体图示如下：



### （一）【硬件】数据采集：先进行简单的校准工作

传感器采集数据：通过鞋底内置的压力传感器和加速度计实时收集的步行或跑步时的压力分布、脚步速度、脚步频率等信息。

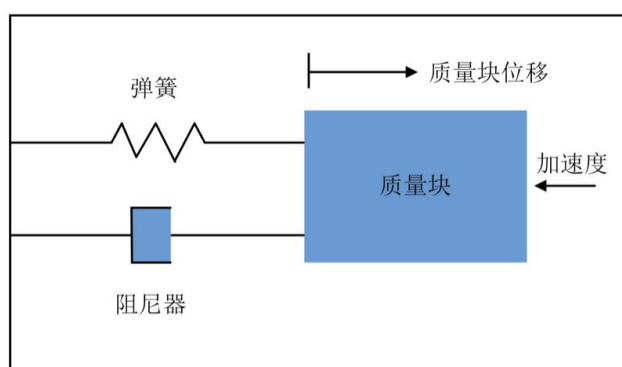
温度传感器收集环境温度信息，用于智能材料的调节

需测量的量：速度、加速度、方向、脉搏.....

#### （1）加速度计

从结构上分析，IMU 集成了加速度计、陀螺仪和磁力计等传感器。本文使用加速度计和陀螺仪，采集人体足部加速度数据和角速度数据。对以上两种传感器数据特性进行分析：加速度计基于惯性定律来工作，用于检测物体运动产生的线加速度。常见的加速度计内置弹簧、阻尼器以及质量块。

利用电容测量质量块的位置从而计算出加速度的大小。

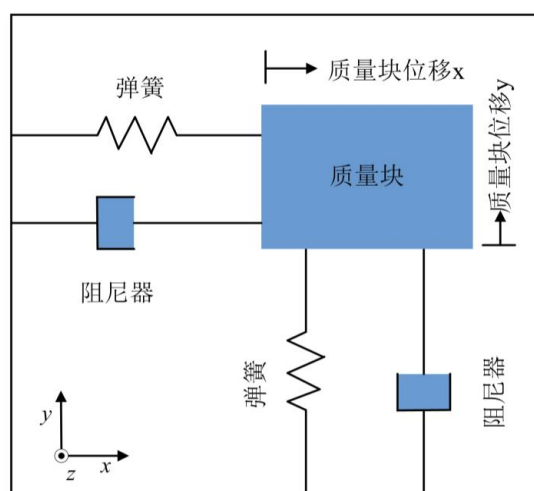


加速度计工作原理示意图

当外部有加速度输入时，质量块会产生位移，其方向与加速度方向相反，进而导致电阻、电容等相关物理量发生变化，检测电路将这些物理量转化成相应的电信号，最后通过电信号计算出加速度的大小及方向。加速度计的测量原理基于惯性力，其对于人体的运动很敏感，可以用于检测振动。例如在人体行走时，足部会涉及静止与运动的交替过程，产生规律性的振动，通过采集足部加速度数据可以检测足部振动的过零点，从而可以计算出人所走的步数。由于加速度计对于物体振动很敏感，易受高频振动产生的噪声的干扰，所以加速度计数据含有大量高频噪声。但是加速度计具有良好的低频特性，在低速运动时的测量值比较准确。

#### （2）陀螺仪

陀螺仪基于科里奥利效应来工作，用于检测物体旋转速度或者旋转角度。其工作原理如图所示。当陀螺仪工作时，质量块受到驱动，会产生 x 轴方向位移，当 z 轴有角速度输入时，因为科里奥利效应，质量块会沿 y 轴运动，并产生位移，其大小通过电压、电流等相关的电信号来描述，最终根据电信号计算出角速度的大小以及方向。



陀螺仪工作原理示意图

陀螺仪通过差分质量块来测量两个方向的科里奥利力，由内部高速旋转的转子检测旋转速度或旋转角度，因此其对于物体线性运动不敏感，具有较高的动态特性，在高速运动时测量值比较准确。但是陀螺仪低频特性较差，会发生漂移，所以陀螺仪数据含有大量低频噪声。

### (3) 压敏传感器

足底压力可以采用放置在脚部的力感应电阻式传感器来采集，可以在每只脚脚掌和脚后跟安装 2~5 个甚至更多传感器测量足底压力。采集足底压力信息，可以用于区分摆动和站姿，识别行走步态，监测行走过程，检测脚部与地面的接触以及站姿阶段内的时间，识别使用者肢体动力学参数，确定双站姿、早摆、晚摆和人体重量，以及步态阶段之间的转换，还可以利用足底压力给控制器提供开/关信号或精确补偿

### (4) 生物电信息

肌电信号具有获取直接、无创测量等优点，在人体运动意图识别与预测方面得到了较好的应用，如检测坐-站或站-坐运动时的意图，预测人体的运动状态，疲劳程度及关节所需力矩。另外，提取肌电信号作为反馈指令进行外骨骼机器人运动交互控制的策略。

## (二) 【软件】数据融合处理

不同种类的传感器工作原理是不同的，所采集的数据之间会存在冗余信息和互补信息。

**加速度计**基于惯性定律来工作，对于线性运动敏感，因此加速度计数据含有大量**高频噪声**。但是，加速度计具有良好的低频特性。

**陀螺仪**基于科氏效应来工作，对线性运动不敏感，因此陀螺仪高频特性好。但是，陀螺仪低频特性较差，会发生**漂移**。

如果对这些传感器数据分别处理，会忽视传感器数据之间的相关性，从而导致大量的有用信息的浪费。因此，需要**综合处理多传感器数据**，充分发挥各传感器的优势，规避劣势。

如图 2.3 所示为加速计和陀螺仪**数据融合**示意图，数据融合是指利用现代计算机技术观测和分析多传感器数据，充分利用多传感器的冗余信息和互补信息来描述被测对象，排序数据之间的冗余信息，整合数据之间的互补信息，对传感器数据进行相互配合以及校正，实现传感器性能多样化，从而可以更加科学、准确地感知被测对象。

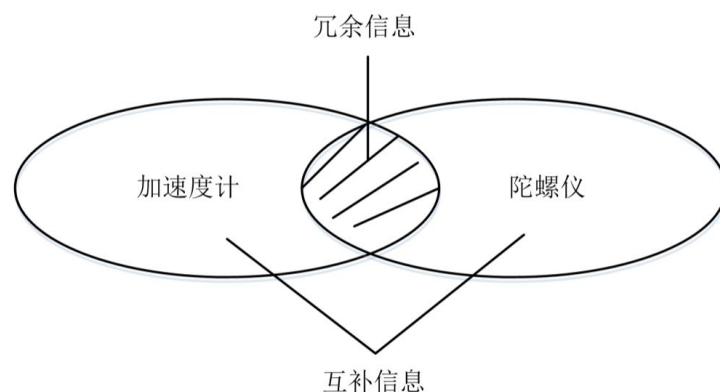


图 2.3 数据融合示意图

### 特征层融合：

特征层融合可以用于不同物理量之间的融合，为中间层次融合。在这种融合方式中，先对传感器数据进行处理，得到特征数据，再进行融合。这种融合方式兼具低层次融合和高层次融合的部分优点，精简了多源数据，并且在一定程度上剔除了一部分异常数据。但是，因为在融合之前进行了数据处理，这种融合方式会出现数据丢失的情况，从而导致最终结果的准确性降低。

### 深度学习算法——结合医学诊断大模型：

通过集成先进的机器学习算法与深度神经网络，大模型能够处理和解析步态分析中收集到的大量复杂数据，包括但不限于步态周期、步速、步幅以及肢体摆动模式等。这种结合不仅能够精准识别出细微的步态异常，还能够辅助医生分析这些异常与特定疾病之间的关联，比如神经退行性疾病、骨关节炎或是肌肉损伤等。利用大数据驱动的分析，提供更为个性化的医疗建议和治疗方案，同时也能监测患者的康复进程，实现对疾病早期预警、精准干预及疗效评估的全链条支持，极大地提升了临床决策的效率与准确性。

## 六、作品渲染图



## 参考文献:

- [1]徐国峰,陈凯,杨颖.一种足压检测结合 Azure Kinect 系统的步态信号采集与参数表征方法[J].生物医学工程学杂志,2023,40(02):350-357+364.
- [2]洗晓明. 穿戴式足部信息智能分析系统的设计与应用研究[D].华南理工大学,2022.DOI:10.27151/d.cnki.ghnlu.2022.003772.
- [3]陈万志,唐浩博,王天元.融合轮廓增强和注意力机制的改进 GaitSet 步态识别方法[J].电子测量与仪器学报,2024,38(01):203-210.DOI:10.13382/j.jemi.B2306788.
- [4]徐厚宝,杨承莲,张永康.卡尔曼滤波优化的高斯过程回归模型[J/OL].北京理工大学学报,1-8[2024-04-13].<https://doi.org/10.15918/j.tbit1001-0645.2023.211>.
- [5]王红茹,王紫薇,Chupalov ALEKSANDR.基于内卷神经网络的轻量化步态识别方法[J/OL].应用科技:1-8[2024-04-13].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/23.1191.u.20240202.1644.006.html>.
- [6]阳兆哲,李跃忠,吴光文.基于无迹卡尔曼滤波和小波分析的 IMU 传感器去噪技术研究[J].现代电子技术,2024,47(05):53-59.DOI:10.16652/j.issn.1004-373x.2024.05.009.