

## 第九届湖南省研究生数学建模竞赛承诺书

我们仔细阅读了湖南省高校研究生数学建模竞赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们完全清楚，在竞赛中必须合法合规地使用文献资料和软件工具，不能有任何侵犯知识产权的行为。否则我们将失去评奖资格，并可能受到严肃处理。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们将受到严肃处理。

我们授权湖南省研究生数学建模竞赛组委会，可将我们的论文以任何形式进行公开展示（包括进行网上公示，在书籍、期刊和其他媒体进行正式或非正式发表等）。

我们参赛选择的题号是（从组委会提供的赛题中选择一项填写）：

我们的参赛编号（请填写完整参赛编号）：

所属学校（请填写完整的全名）：

参赛队员（打印后签名）：

1. 汤雨婷
2. 刘冬辉
3. 罗晶

指导教师或指导教师组负责人（打印后签名）：

日期：2024 年 7 月 12 日

---

（请勿改动此页内容和格式。以上内容请仔细核对，如填写错误，论文可能被取消评奖资格。）

# 基于三轴加速度和角速度数据的活动类型识别建模研究

随着智能手机的发展,评估手机使用人日常活动消耗的热量问题是智能健康中的重要研究课题。本文针对智能健康中的问题,基于加速度计和陀螺仪的原理,本文通过确定线性加速度、角速度等关键指标,以评估热量消耗为目标,建立了运动状态识别模型。本文采用 DeepConvLSTM 算法来构建模型,并使用 Adam 优化算法对模型进行求解。

**针对问题一:**对于运动状态识别进行分析,运动状态识别的关键在于精确提取特征和构建有效的分类模型。考虑到加速度、角速度等传感器数据的影响,本文建立了均值、标准差、最大值、最小值等特征指标,将运动状态识别的问题转化为多分类问题,随后基于深度学习思想,建立了 DeepConvLSTM 模型。该模型充分考虑了时间序列数据的特性和多维传感器数据的影响,本文使用 Adam 优化算法(MATLAB 框架,训练深度神经网络)对该模型进行求解。

**针对问题二:**鉴于不同人员的活动类型已知,该问题数据样本属于典型的特征和标签都已知的情况,可借助卷积神经网络避免提取数据传统特征,把数据转换为图片进行特征提取和分类,从而建立具有分类功能的判别模型。

**针对问题三:**首先进行数据预处理,使用单因素方差分析比较不同人员在同一活动状态下的均值,判断是否存在显著差异,进而判断活动状态数据与年龄,身高,体重之间的相关性,并建立模型进行人员画像和身份预测。

关键词: 加速度; 角速度; Adam 优化算法; 卷积神经网络; 特征提取

# 目录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 基于三轴加速度和角速度数据的活动类型识别建模研究..... | II |
| 1 问题综述.....                   | 1  |
| 1.1 问题背景.....                 | 1  |
| 1.2 问题提出.....                 | 1  |
| 1.3 资料条件.....                 | 1  |
| 1.3.1 采样说明.....               | 1  |
| 1.3.2 附件 1.....               | 2  |
| 1.3.3 附件 2.....               | 2  |
| 1.3.4 附件 3.....               | 2  |
| 1.3.5 附件 4.....               | 2  |
| 1.4 模型基本假设.....               | 2  |
| 1.4.1 问题 1 的假设.....           | 2  |
| 1.4.2 问题 2 的假设.....           | 2  |
| 1.4.3 问题 3 的假设.....           | 3  |
| 2 数据预处理.....                  | 3  |
| 2.1 附件 1 数据处理.....            | 3  |
| 2.1.1 指标选取.....               | 3  |
| 2.2 附件 2 和 3 数据处理.....        | 3  |
| 2.2.1 附件 2 数据加工.....          | 3  |
| 2.2.1.1 拼接.....               | 3  |
| 2.2.1.2 输出灰度图.....            | 3  |
| 2.2.1.3 图片命名.....             | 3  |
| 2.2.1.4 图片分类.....             | 4  |
| 2.2.2 附件 3 数据加工.....          | 4  |
| 2.2.2.1 图片命名.....             | 4  |
| 2.3 附件 2 和 5 数据处理.....        | 5  |
| 3 问题分析与模型建立.....              | 6  |
| 3.1 问题 1 分析.....              | 6  |
| 3.1.1 问题 1 分析.....            | 6  |
| 3.1.2 问题 1 建模.....            | 7  |
| 3.2 问题 2 分析.....              | 7  |
| 3.2.1 问题 2 描述.....            | 7  |
| 3.2.2 建模方法.....               | 7  |
| 3.2.2.1 卷积神经网络架构.....         | 8  |
| 3.2.2.2 训练过程.....             | 8  |
| 3.3 问题 3 分析.....              | 9  |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 3.3.1 问题 3 的分析 .....              | 9  |
| 4 模型应用及分析 .....                   | 9  |
| 4.1 模型效果 .....                    | 9  |
| 4.1.1 分类模型对题目 1 中 p1-3 分类 .....   | 9  |
| 4.1.2 判别模型对题目 2 中 SY1-30 判别 ..... | 11 |
| 4.1.3 问题 3 中运动识别 .....            | 11 |
| 4.1.4 不同人员同一活动状态差异研究 .....        | 12 |
| 4.1.5 画像 .....                    | 13 |
| 4.2 应用 .....                      | 14 |
| 4.2.1 分类模型检验 p4-13 .....          | 14 |
| 4.2.2 判断模型检验 p4-13 .....          | 14 |
| 5 模型评价 .....                      | 16 |
| 5.1 模型的优点 .....                   | 16 |
| 5.1.1 问题 1 分类模型优点 .....           | 16 |
| 5.1.2 问题 2 判别模型优点 .....           | 16 |
| 5.1.3 问题 3 算法优点 .....             | 16 |
| 5.2 模型的不足 .....                   | 16 |
| 5.2.1 问题 1 分类模型不足 .....           | 16 |
| 5.2.2 问题 2 判别模型不足 .....           | 17 |
| 5.2.3 问题 3 算法不足 .....             | 17 |
| 5.3 模型的展望 .....                   | 17 |
| 5.3.1 问题 1 分类模型展望 .....           | 17 |
| 5.3.2 问题 2 判别模型展望 .....           | 17 |
| 5.3.3 问题 3 算法展望 .....             | 17 |
| 参考文献 .....                        | 18 |
| 附 录 .....                         | 19 |
| 附录 A: 支撑材料列表 .....                | 19 |
| 附录 B: 主要程序/关键代码 .....             | 19 |

# 1 问题综述

## 1.1 问题背景

随着智能手机的发展,如何准确地通过智能设备判断用户的运动状态成为一个重要的研究课题。尽管智能手机内置的传感器(如加速度计、陀螺仪和气压计)能够提供丰富的运动数据,但准确性和鲁棒性仍然面临诸多挑战。智能手机面临着同类产品数量众多、种类丰富、价格低廉等问题[1]。在智能手机需求不断扩大的背景下,资源和开发力量有限,传统的识别方式容易产生误差和延迟问题,严重影响用户体验。因此,我们需要寻找新的方法来提供合理的运动状态识别方案。

目前,已经有许多学者对如何通过智能手机传感器数据进行人类活动识别[2]进行了研究,并提出了多种算法来解决此类问题。传统的活动识别算法有支持向量机(SVM)算法、决策树算法和k最近邻(k-NN)算法等[3]。近年来,由于高性能计算设备的快速发展,还出现了更多先进的算法,如卷积神经网络(CNN)算法、长短期记忆网络(LSTM)算法等[4]。虽然这些算法可以快速得到活动识别结果,但其通用性框架在某些特殊情况下可能会出现准确性问题和鲁棒性问题[5],这也促使我们运用更好的方法建立更加合理的模型。例如,PACP(Parameters Adjustment Corresponding to smartphone Position)方法通过调整加速度计数据来提高不同位置下的识别精度,达到了91%的准确率[6]。此外,结合多种传感器数据和历史信息的混合深度学习模型也显示出了较高的识别准确性和鲁棒性[7]。

综上所述,为了在激烈的市场竞争中保持优势,需要结合最新的研究成果和高性能计算方法,探索新的优化算法和模型,以应对智能手机在活动识别中的挑战。

## 1.2 问题提出

利用智能手机传感器进行人体活动识别涉及多方面的问题,往往由数据处理、特征提取、模型构建等这几个要素构成,在满足下列4点约束下,即特征提取、分类准确性、未知数据判断、模型评估,需要从数据预处理、特征提取、模型构建与验证角度考虑,解决以下3个问题:

- (1) 问题 1:将未知标签的数据进行分类。
- (2) 问题 2:建立判别模型;比较分类模型和判别模型的准确度;使用建立的判别模型,进行分类。
- (3) 问题 3:判定数据是否与实验人员的差异有关;利用数据对人员进行画像。

## 1.3 资料条件

### 1.3.1 采样说明

实验人员活动状态数据为 excel 文件,包含 6 列,分别为三轴加速度和三轴角速度,用 `acc_x,acc_y,acc_z,gyro_x,gyro_y,gyro_z`,表示加速度计和陀螺仪分别在  $X, Y, Z$  三个轴向的记录值。实验中,运动传感器固定于实验人员右下腹位置,设备采样率为 100Hz。加速度计测量加速度变化范围为 $\pm 6g$ ,陀螺仪测量角速度变化范围为 $\pm 500dps(degree\ per\ second)$ ,加速度计和陀螺仪的三个轴向中, $X$ 轴沿重力方向, $Y$ 轴沿实验人员前进方向, $Z$ 轴与  $XY$  平面垂直指向身体一侧。

### 1.3.2 附件 1

附件 1 中有 3 名实验人员的运动数据，包含每名实验人员每种活动状态的 5 组加速度计和陀螺仪数据，但实验时未记录数据所代表的活动状态。

### 1.3.3 附件 2

附件 2 中有 10 名实验人员的活动数据，包含每位实验人员每种活动状态的 5 组加速度计和陀螺仪数据，但实验时记录了每组数据所代表的实验人员的活动状态。文件命名规则为“aitj.xlsx”，其中 i 表示活动类型，j 表示实验次数，比如“a1t2.xlsx”表示测量该实验人员第 1 类活动状态的第 2 组实验数据。

### 1.3.4 附件 3

附件 3 中收集有某实验人员 30 次活动的状态数据，命名为 SY1-30。

### 1.3.5 附件 4

附件 4 给出了问题 1 和问题 2 中参与实验的 13 位实验人员的年龄、身高、体重等数据。

## 1.4 模型基本假设

### 1.4.1 问题 1 的假设

- (1) 假设通过对原始传感器数据进行标准化和预处理（如去噪、归一化等）可以显著提高模型的性能和分类准确度。本文使用 MATLAB 的 `zscore` 函数对数据进行标准化处理，并假设这种处理能够改善模型的泛化能力。
- (1) 假设通过提取统计特征（例如均值、标准差、最大值、最小值、均方根值及频域特征）可以有效地描述加速度和角速度数据的模式，从而用于精确的分类。具体地，本文利用 MATLAB 中的数据处理函数提取这些特征，并进一步假设这些特征能够充分捕捉不同运动状态下的动态变化。
- (2) 假设不同运动状态可以通过分析人体传感器（如加速度计和陀螺仪）测量的加速度和角速度数据加以区分。这种假设基于对人体运动模式的基本理解，即不同的运动状态会产生不同的运动特征。
- (3) 假设 DeepConvLSTM 模型能够有效捕捉时序数据中的复杂模式，从而实现高准确度的运动状态分类。具体地，本文构建的 DeepConvLSTM 模型包括卷积层、批归一化层、ReLU 激活层、池化层、LSTM 层和全连接层。卷积层假设能够提取局部特征，LSTM 层假设能够捕捉时间序列中的长期依赖关系。
- (4) 假设通过固定随机种子可以确保实验的可重复性，从而使得不同运行之间的结果具有一致性。本文在模型训练中固定了随机种子（`rng(42)`），假设这种处理能够保证实验结果的一致性和可重复性。

### 1.4.2 问题 2 的假设

- (1) 假设在记录活动状态时数据采集没有系统性的误差或漂移，且数据采集过程中没有明显的干扰或噪声。
- (2) 假设所提供的活动状态标签是准确和全面的。即每种活动状态在数据集中都有充分的代表性，并且标签的定义是清晰和一致的，以便模型能够有效地学习和分类。

### 1.4.3 问题 3 的假设

- (1) 问题假设通过分析计算收集到的实验人员不同运动状态下的数据得到的其平均值，最大值，最小值，标准差值是可以反映并代表与实验人员相近的这类人的运动特征的，在这个假设的前提下进行问题的解决。

## 2 数据预处理

### 2.1 附件 1 数据处理

#### 2.1.1 指标选取

从数据中选取加速度和角速度的关键指标，包括线性加速度（acc\_x、acc\_y、acc\_z）和角速度（gyro\_x、gyro\_y、gyro\_z）。

### 2.2 附件 2 和 3 数据处理

#### 2.2.1 附件 2 数据加工

本文在解决问题 2 时，使用的是原始数据，未作任何预处理。主要进行如下操作。

##### 2.2.1.1 拼接

通过观察附件 3 可以发现，不同实验人员的不同活动在不同阶段的采样时间并不统一，考虑到采样频率为 100Hz，经计算可得各个活动的采样时间从几秒到几十秒不等，考虑到解决该问题使用卷积神经网络，为充分利用数据，现将每位实验人员同一类型的运动数据整合到一起，具体操作起来就是把采样数据逐个表格进行拼接，合成一个采样时间更长的数据表格。该部分工作通过代码实现。

##### 2.2.1.2 输出灰度图

实验人员的活动有向前走、向左走、向右走、步行上楼、步行下楼、向前跑、跳跃、坐下、站立、躺下、乘坐电梯向上移动、乘坐电梯向下移动，根据生活经验，完成上述任何一种活动的一个动作所需时间大约为 2-3 秒，设备采样频率为 100Hz，即每 0.01 秒进行一次采样，所以采样结果中每 200 至 300 行数据能够包含一个动作的特征。基于上述推论，从合成的数据表格首行开始，每次截取 300 行，得到一个 300 行 6 列的数据块，将数据值赋给灰度图像的灰度值，从而生成多张像素高度为 300，宽度为 6，通道数为 1 的灰度图片。截取至末尾时，若合成的数据表格行数不足 300 则不予截取。以上生成的图片将用于卷积神经网络模型的训练与预测。

##### 2.2.1.3 图片命名

为了在后续任务中灵活处理数据，在给生成的文件命名时，采用如下规则。文件名称是 11 位字符，第 1-2 位是数字，范围是从 04 到 13，代表实验人员编号；第 3-4 位是数字，代表活动类型，范围是从 01 到 12；第 5-7 位是数字，代表某个实验人员的某个活动生成的图片数目，编号从是 001 开始；第 8-11 位表示图片类型，所有图片该位置全部是“.png”，如“1301203.png”的含义是实验人员 13 的第 1 类活动生成的第 203 张图片。



图 1 生成图片示例

#### 2.2.1.4 图片分类

按照附件 2 生成的图片名称索引，分别将图片按照实验人员分类和按照活动分类，生成两个系列的文件夹。如图 1 所示，Person 文件有 10 个，存储每名实验人员的活动图片；action 文件夹有 12 个，存储每种活动来自 10 个实验人员的图片。

#### 2.2.2 附件 3 数据加工

附件 3 的数据来自某实验人员 30 次活动的状态数据，原始数据表格文件命名为 SY1-SY30，其加工过程与附件 2 相似，但是由于不清楚 SY1-30 代表的活动类型，所以没有数据拼接工作，采用同样的图片生成方式，对 SY1-30 文件逐个输出像素高度为 300，宽度为 6，通道数为 1 的灰度图片。

##### 2.2.2.1 图片命名

为了在后续任务中灵活处理数据并区别附件 2 生成的图片，在给生成的文件命名时，采用如下规则。文件名称是 11 位字符，第 1-2 位全部是 SY，代表图片来自附件 3；第 3-4 位是数字，代表活动次数，范围是从 01 到 30；第 5-7 位是数字，代表该实验人员的某个活动生成的图片数目，编号从是 001 开始；第 8-11 位表示图片类型，所有图片该位置全部是“.png”，如“SY18002.png”的含义是该实验人员第 18 次活动输出的第 2 张图片。

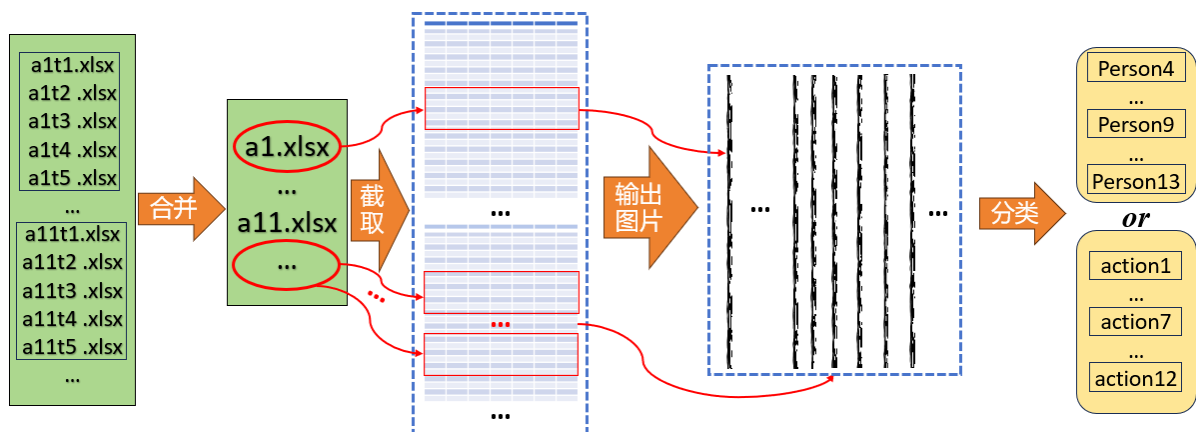


图 2 附件 2 数据加工示意图

## 2.3 附件 2 和 5 数据处理

采用附件 2 中 Person4 的第一类活动数据进行特征提取示范如下。

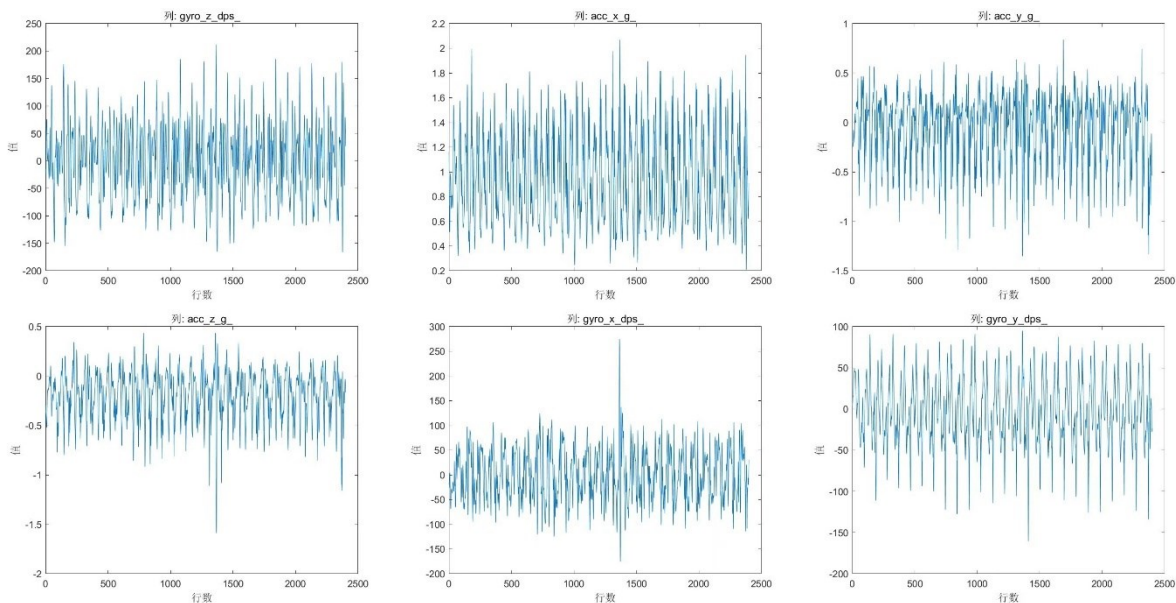


图 3 Person4 运动信号图

图 3 然后经过去噪和平滑处理后结果如下。

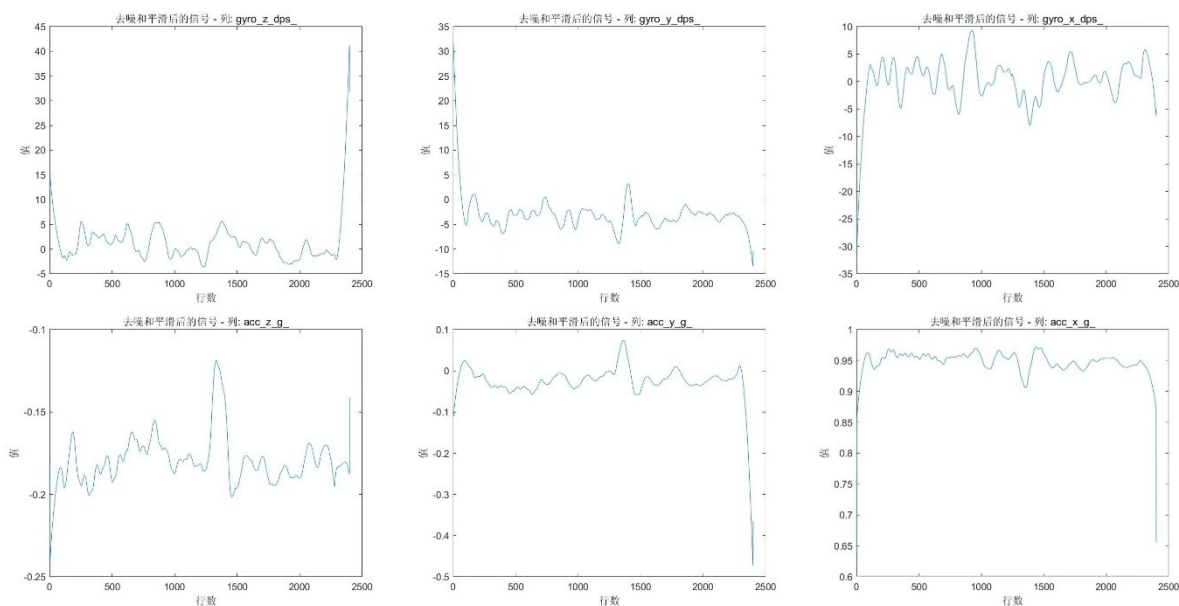


图 4 信号图去噪处理

根据得到的数据图计算得到相应的平均值，最大值，最小值，标准差，如下图。

表 1 信号特征

| Stattics    | mean      | max       | min        | std      |
|-------------|-----------|-----------|------------|----------|
| Acc x(g)    | -0.693512 | -0.583565 | -0.817553  | 0.033398 |
| Acc y(g)    | 0.514577  | 0.731099  | 0.361910   | 0.123496 |
| Acc z(g)    | -0.573203 | -0.371224 | -0.712065  | 0.093728 |
| Gyro x(dps) | 0.112317  | 25.919209 | -16.949665 | 3.299360 |
| Gryo y(dps) | 0.253569  | 27.320680 | -17.395627 | 3.610664 |
| Gyro z(dps) | 0.507520  | 52.260243 | -33.052023 | 6.458567 |

### 3 问题分析与模型建立

#### 3.1 问题 1 分析

##### 3.1.1 问题 1 分析

题目以智能手机的普及为背景，介绍了智能手机通过内置的加速度计和陀螺仪评估用户日常活动消耗热量的功能。问题一附件 1 提供的 3 名实验人员的运动数据，利用每人每种活动状态的 5 组加速度计和陀螺仪数据，对每一位实验人员的活动状态进行分类，并在论文中将分类结果（编号）填入表 1。问题二要求我们在问题一的基础上进一步考虑。

基于附件 1 中的工作流程，我们首先考虑一般情况下，通过加速度计和陀螺仪数据进行活动识别。研究表明，加速度计和陀螺仪的数据能够反映出用户的运动状态。因此可以认为，通过提取这些传感器数据的统计特征（如均值、标准差、最大值、最小值等）能够有效识别不同的运动状态；此外，利用深度学习模型可以进一步提高分类的准确性。

运动状态的识别会受多种因素影响，包括加速度和角速度的变化。结合实际考虑，运动状态的识别重点在于捕捉这些关键特征。因此，基于加速度计和陀螺仪的数据，我们确定了以下指标：

- (1) **加速度特征**：包括线性加速度的均值、标准差、最大值、最小值、均方根值等。这些特征能够捕捉到不同运动状态下的速度变化。
- (2) **角速度特征**：包括角速度的均值、标准差、最大值、最小值、均方根值等，这些特征能够反映出用户在不同运动状态下的旋转行为。

这些特征构成了运动状态识别模型的基础。随后根据这些特征，建立了用于活动识别的深度学习模型。具体来说，我们使用了长短期记忆网络（LSTM）和卷积神经网络（CNN）来处理这些时间序列数据。LSTM 能够捕捉到数据中的长短期依赖关系，而 CNN 则能够有效提取空间特征。

通过这些模型的训练和优化，我们可以实现高精度的活动识别，并将每个实验人员的数据进行准确分类。这样，我们能够根据传感器数据中的特征有效地识别和分类不同的运动状态。

### 3.1.2 问题 1 建模

表 2 模型选择和表格训练

| 模型类型         | 输入         | 特征提取           | 训练方法            | 激活函数 | 损失函数  | 优化器  |
|--------------|------------|----------------|-----------------|------|-------|------|
| DeepConvLSTM | 加速度<br>角速度 | 线性加速度、<br>角速度等 | 深度卷积层 +<br>LSTM |      | 分类交叉熵 | Adam |

## 3.2 问题 2 分析

### 3.2.1 问题 2 描述

附件 2 中有 10 名实验人员的活动数据，包含每位实验人员每种活动状态的 5 组加速度计和陀螺仪数据，但实验时记录了每组数据所代表的实验人员的活动状态，要求根据附件 2 提供的活动数据（每人 60 组数据）提取 12 类人员活动状态的典型特征，建立人员活动状态的判别模型，并利用模型开展以下验证工作：

- (1) 进一步运用问题 1 的分类模型对该 10 名实验人员数据进行分类（此时，不考虑实验人员的活动状态标签），比较问题 2 中判别模型和问题 1 的分类模型的结果，分析采用分类模型对不同活动类型分类时的分类准确度。
- (2) 附件 3 中收集有某实验人员 30 次活动的状态数据，请运用判别模型，给出该人员的活动状态，在论文中将结果填入表 2。

### 3.2.2 建模方法

随着人工智能的发展，深度学习作为该领域的研究热点，在目标分类应用上取得了巨大成就。问题 2 所使用的数据具有明确的标签特征，即所有活动的类型都已确定，由此可以借助深度学习工具建立加速度和角速度的输出特征与活动类型之间的关系。本文采用卷积神经网络来训练判别模型，采用卷积神经网络的优势在于最原始的加速度和角速度数据不用进行一系列的初始化处理，从而可以建立最本征的数据与活动类型之间的联系。

### 3.2.2.1 卷积神经网络架构

在卷积神经网络的发展过程中，产生了多种经典的卷积神经网络模型，其中 LeNet-5 卷积神经网络<sup>[9]</sup>除输入层外具有 7 层网络结构，顺序分别是卷积层→池化层→卷积层→池化层→全连接层→全连接层→输出层；AlexNet 在 LeNet-5 基础上，对模型进行加深，达到了 8 层的模型深度，前 5 层为卷积层，后 3 层为全连接层；VGGNet 卷积神经网络探索了模型深度与模型性能之间的关系，并证明模型深度对模型性能至关重要。基于上述经典模型研究成果，本文借助 matlab 深度学习工具箱构件的卷积神经网络模型结构如图 5 所示。

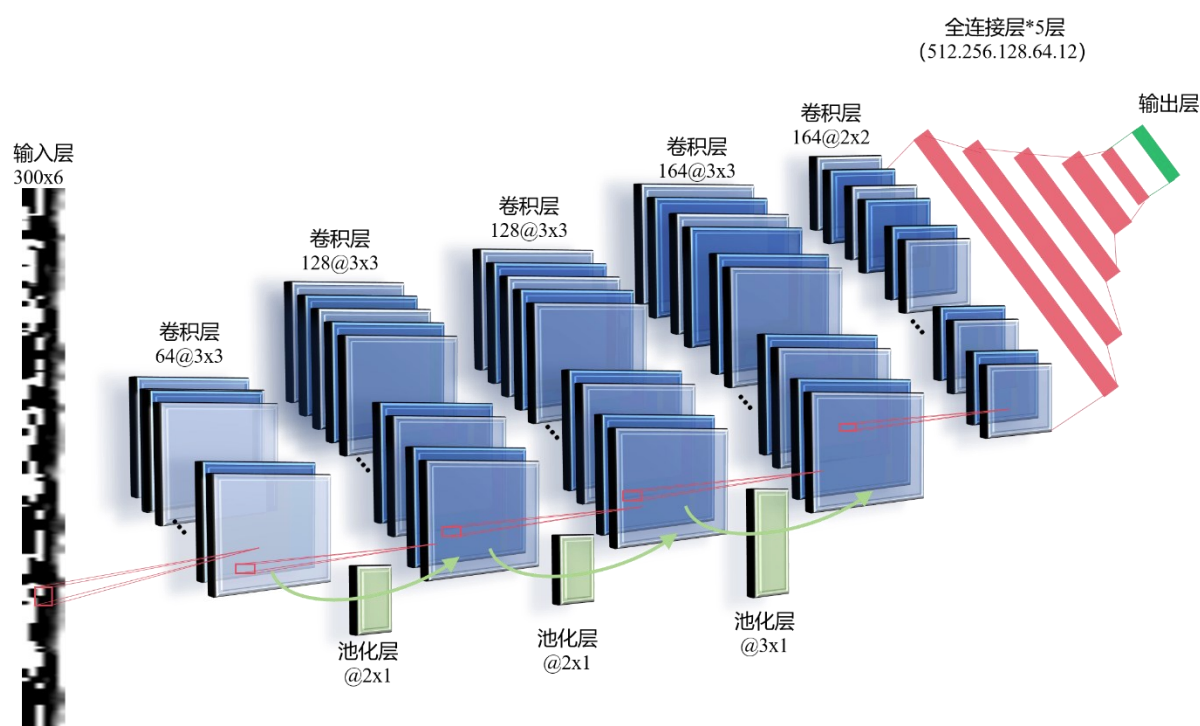


图 5 卷积神经网络架构

第 1 层为输入层，输入 300x6x1 的图片；第 2 层为卷积层，使用 64 个 3x3 的卷积核；第 3 层为池化层，最大池化算子为 2x1；第 4 层为卷积层，使用 128 个 3x3 的卷积核；第 5 层为池化层，最大池化算子为 2x1；第 6 层为卷积层，使用 128 个 3x3 的卷积核；第 7 层为池化层，最大池化算子为 3x1；第 8 层为卷积层，使用 164 个 3x3 的卷积核；第 9 层为卷积层，使用 164 个 2x2 的卷积核；第 10-14 层为全连接层，分别有 512、256、128、64、12 个感知器；第 15 层为输出层。

### 3.2.2.2 训练过程

模型在训练过程中，依次访问按照活动类型标准划分的 12 个文件夹，文件夹名称即为 12 类活动的标签名称，所有图片按照 0.2 的比例分出测试集，用以验证模型准确度。指定使用带动量的随机梯度下降优化器，初始学习率设为 0.001，每次处理 10 个样本后更新权重，指定 15 个迭代进行 1 次验证，总共训练 7 个周期。训练结果如图 6 所示。

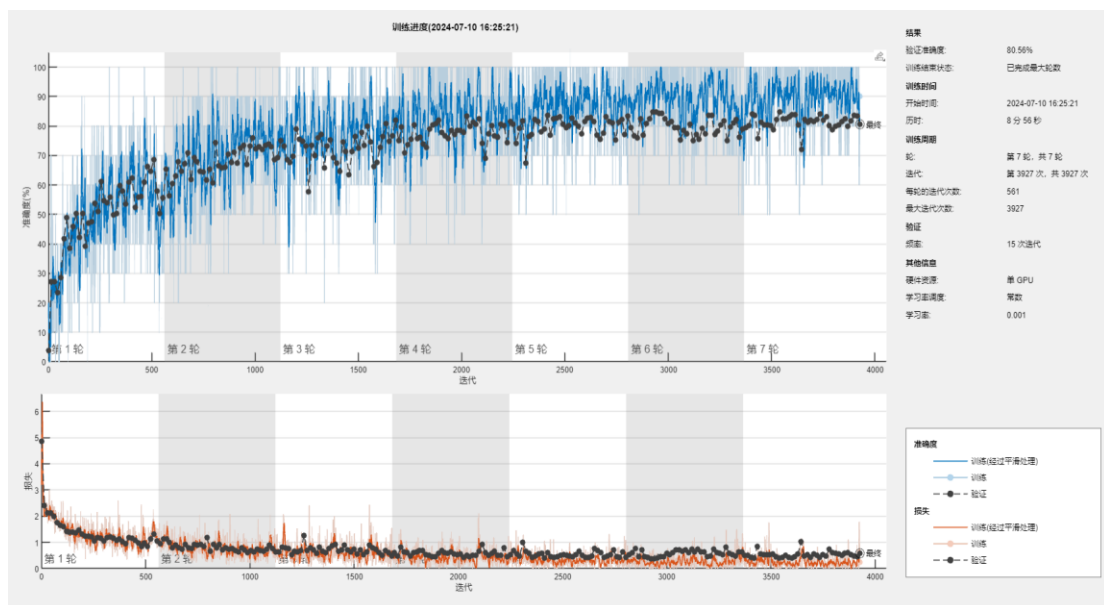


图 6 模型训练进度

### 3.3 问题 3 分析

#### 3.3.1 问题 3 的分析

想要分析分析不同人员的同一活动状态是否存在差异以及活动状态数据与实验人员的年龄、身高、体重有无关系可以通过分析波形图对应的平均值，最大值，最小值和标准差反映相应的运动特征，通过发现这四个特征值在不同人群和不同运动模式下的差异和相似点，可以推断出活动状态数据。对于同一种运动，分析不同人的数据可以得到不同人在同一种运动下的表现差异。对于年龄相仿和身材相近的人，控制变量分析不同数据可以得到运动数据与实验人员年龄和身材的关系。

## 4 模型应用及分析

### 4.1 模型效果

#### 4.1.1 分类模型对题目 1 中 p1-3 分类

表 3 Person1-3 活动分类结果

| 分类    | Person1  | Person2   | Person3  |
|-------|----------|-----------|----------|
| 第 1 类 | SY1.xlsx | SY1.xlsx  | SY1.xlsx |
|       | SY2.xlsx | SY2.xlsx  | SY2.xlsx |
|       | SY3.xlsx | SY3.xlsx  | SY3.xlsx |
|       | SY4.xlsx | SY4.xlsx  | SY4.xlsx |
|       | SY5.xlsx | SY5.xlsx  | SY5.xlsx |
|       |          | SY22.xlsx |          |
| 第 2 类 | SY6.xlsx | SY6.xlsx  | SY6.xlsx |
|       | SY7.xlsx | SY7.xlsx  | SY7.xlsx |
|       | SY8.xlsx | SY8.xlsx  | SY8.xlsx |
|       | SY9.xlsx | SY9.xlsx  | SY9.xlsx |

|       |           |           |           |
|-------|-----------|-----------|-----------|
|       | SY10.xlsx | SY10.xlsx | SY10.xlsx |
| 第 3 类 | SY11.xlsx | SY11.xlsx | SY11.xlsx |
|       | SY12.xlsx | SY12.xlsx | SY12.xlsx |
|       | SY13.xlsx | SY13.xlsx | SY13.xlsx |
|       | SY14.xlsx | SY15.xlsx | SY14.xlsx |
|       | SY15.xlsx |           | SY15.xlsx |
| 第 4 类 | SY21.xlsx | SY21.xlsx | SY21.xlsx |
|       | SY23.xlsx | SY23.xlsx | SY22.xlsx |
|       | SY24.xlsx | SY24.xlsx | SY23.xlsx |
|       | SY25.xlsx | SY25.xlsx | SY24.xlsx |
|       |           |           | SY25.xlsx |
| 第 5 类 | SY26.xlsx | SY26.xlsx | SY26.xlsx |
|       | SY27.xlsx | SY27.xlsx | SY27.xlsx |
|       | SY28.xlsx | SY28.xlsx | SY28.xlsx |
|       | SY29.xlsx | SY29.xlsx | SY29.xlsx |
|       | SY30.xlsx | SY30.xlsx | SY30.xlsx |
| 第 6 类 |           |           | SY46.xlsx |
|       | SY16.xlsx | SY14.xlsx | SY16.xlsx |
|       | SY17.xlsx | SY16.xlsx | SY17.xlsx |
|       | SY18.xlsx | SY17.xlsx | SY18.xlsx |
|       | SY19.xlsx | SY18.xlsx | SY19.xlsx |
| 第 7 类 | SY20.xlsx | SY19.xlsx | SY20.xlsx |
|       |           | SY20.xlsx | SY45.xlsx |
|       | SY56.xlsx | SY56.xlsx | SY56.xlsx |
|       | SY57.xlsx | SY57.xlsx | SY57.xlsx |
|       | SY58.xlsx | SY58.xlsx | SY58.xlsx |
| 第 8 类 | SY59.xlsx | SY60.xlsx | SY59.xlsx |
|       | SY60.xlsx |           | SY60.xlsx |
|       | SY36.xlsx | SY36.xlsx | SY36.xlsx |
|       | SY37.xlsx | SY37.xlsx | SY37.xlsx |
|       | SY38.xlsx | SY38.xlsx | SY38.xlsx |
| 第 9 类 | SY39.xlsx | SY40.xlsx | SY39.xlsx |
|       | SY40.xlsx |           | SY40.xlsx |
|       | SY22.xlsx | SY22.xlsx | SY31.xlsx |
|       | SY31.xlsx | SY31.xlsx | SY33.xlsx |
|       | SY32.xlsx | SY32.xlsx | SY34.xlsx |
|       | SY33.xlsx | SY33.xlsx | SY35.xlsx |
|       | SY34.xlsx | SY34.xlsx |           |
|       | SY35.xlsx | SY35.xlsx |           |
|       |           | SY39.xlsx |           |

|        |           |           |           |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 第 10 类 | SY41.xlsx | SY41.xlsx | SY41.xlsx |
|        | SY42.xlsx | SY42.xlsx | SY42.xlsx |
|        | SY43.xlsx | SY43.xlsx | SY43.xlsx |
|        | SY44.xlsx | SY44.xlsx | SY44.xlsx |
|        | SY45.xlsx | SY45.xlsx |           |
| 第 11 类 | SY46.xlsx | SY46.xlsx | SY47.xlsx |
|        | SY47.xlsx | SY47.xlsx | SY48.xlsx |
|        | SY48.xlsx | SY48.xlsx | SY49.xlsx |
|        | SY49.xlsx | SY49.xlsx |           |
|        | SY50.xlsx | SY50.xlsx |           |
| 第 12 类 | SY51.xlsx | SY51.xlsx | SY32.xlsx |
|        | SY52.xlsx | SY52.xlsx | SY51.xlsx |
|        | SY53.xlsx | SY53.xlsx | SY52.xlsx |
|        | SY54.xlsx | SY54.xlsx | SY53.xlsx |
|        | SY55.xlsx | SY55.xlsx | SY54.xlsx |
|        |           | SY59.xlsx | SY55.xlsx |

#### 4.1.2 判别模型对题目 2 中 SY1-30 判别

问题 2-（2）要求使用判别模型对附件 3 中某实验人员的 30 次活动数据进行预测。加载判别模型对附件 3 中 SY1-30 的 30 个类型未知的活动结果进行预测，预测输入文件为 3.2.2 节中加工后的图片。如问题 2-（1）一样，在对 SY1-30 进行预测时，实验结果中出现了来自同一种活动数据输出的图片被模型判别为不同运动的结果，对于此现象，同样采用数量优先准则判断该运动应判为哪种运动。若模型被判为几种不同的结果，哪种结果出现的频率高，该活动则被判别为相应的类型。图 7 第 1 行表示活动 SY1-30，第 1 列表示 12 种活动，表格中数据表示 SY 被判别为某种运动的结果，最后 1 行为采用数量优先准则后，活动 SY1-30 的最终判别结果，即每列最大值所在的行索引。

|           | SY1 | SY2 | SY3 | SY4 | SY5 | SY6 | SY7 | SY8 | SY9 | SY10 | SY11 | SY12 | SY13 | SY14 | SY15 | SY16 | SY17 | SY18 | SY19 | SY20 | SY21 | SY22 | SY23 | SY24 | SY25 | SY26 | SY27 | SY28 | SY29 | SY30 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| action 1  | 0   | 13  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 11   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 1    |
| action 2  | 5   | 13  | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 18   | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 9    | 0    | 5    | 11   | 1    | 0    | 5    | 0    | 4    |
| action 3  | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 10   | 3    | 0    | 3    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 1    |
| action 4  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 18   | 1    | 15   | 0    | 19   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| action 5  | 14  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 1    | 0    | 0    | 15   | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 12   | 0    | 0    | 0    | 12   | 0    | 13   |
| action 6  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 0   | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 10   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 11   | 0    |
| action 7  | 0   | 0   | 3   | 0   | 3   | 0   | 0   | 0   | 3   | 0    | 0    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| action 8  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 13   | 10   | 0    | 0    | 16   | 0    | 0    | 0    | 13   | 0    | 0    | 0    |
| action 9  | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 6    | 0    | 0    | 0    |
| action 10 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 16  | 0   | 0   | 0   | 16   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| action 11 | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 4    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| action 12 | 0   | 0   | 0   | 7   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 7    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 5    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| results   | 5   | 1   | 7   | 12  | 7   | 10  | 2   | 6   | 7   | 10   | 12   | 7    | 4    | 3    | 4    | 2    | 4    | 5    | 8    | 8    | 6    | 2    | 8    | 5    | 2    | 9    | 8    | 5    | 6    | 5    |

图 7 SY1-30 分类结果

#### 4.1.3 问题 3 中运动识别

表 4 Unknown1-5 识别结果

|         |                         |
|---------|-------------------------|
| Unknow1 | 4号人（26岁，身高164cm，体重43kg） |
| Unknow2 | 7号人（35岁，身高170cm，体重63kg） |
| Unknow3 | 8号人（30岁，身高171cm，体重60kg） |
| Unknow4 | 9号人（22岁，身高180cm，体重76kg） |

- (1) **Unknow1** 运动特征：向前走时运动轻盈且稳定，向左走和向右走时运动平稳，上下楼梯时运动幅度较大，跑步和跳跃时运动强度较高，静止时较为稳定。
- (2) **Unknow2** 运动特征：向前走时运动稳定，向左走和向右走时运动平稳，上下楼梯时运动不太稳定，跑步和跳跃时运动强度较高，静止时数据变化较大。
- (3) **Unknow3** 运动特征：向前走时运动较为平稳，向左走和向右走时运动强度中等，上下楼梯时运动幅度较大，跑步和跳跃时运动强度高，静止时数据变化较大。
- (4) **Unknow4** 运动特征：向前走时运动平稳，向左走和向右走时运动强度高，上下楼梯时运动幅度大，跑步和跳跃时运动强度高，静止时数据变化大。
- (5) **Unknow5** 运动特征：向前走时运动较为稳定，向左走和向右走时运动平稳，上下楼梯时运动不太稳定，跑步和跳跃时运动强度较高，静止时数据变化较大。

#### 4.1.4 不同人员同一活动状态差异研究

- (1) 向前走：年龄较轻的佩戴者（如 23 岁和 21 岁）在向前走时，显示出较低的加速度变化和陀螺仪变化。这表明年轻人走路时更加稳定。体重较轻（如 43kg 和 48kg）的佩戴者在向前走时，加速度的均值和标准差较小，说明他们的步伐可能更轻盈。
- (2) 向左走：年龄在 30 岁以上的佩戴者（如 30 岁、34 岁、35 岁）在向左走时，显示出较大的加速度和陀螺仪变化。这可能是因为年龄较大的人在侧向运动时更容易失去平衡。身高较高（如 180cm）的佩戴者在侧向运动时，陀螺仪的变化更大，表明他们在侧向运动时身体的转动更多。
- (3) 向右走：体重较重（如 76kg、80kg）的佩戴者在向右走时，显示出较大的加速度变化。这可能是因为他们在侧向运动时需要更多的力量来移动身体。
- (4) 步行上楼：年龄较轻（如 22 岁、23 岁）的佩戴者在上楼时，加速度的变化较小，说明他们在上楼时更加稳定。体重较轻（如 43kg、48kg）的佩戴者在上楼时，加速度和陀螺仪变化较小，可能是因为他们上楼时步伐更轻盈。
- (5) 步行下楼：年龄较大的佩戴者（如 49 岁、36 岁）在下楼时，显示出更大的加速度和陀螺仪变化。这可能是因为年龄较大的人在下楼时更容易失去平衡。体重较重（如 76kg、80kg）的佩戴者在下楼时，加速度和陀螺仪的变化更大，可能是因为他们在下楼时需要更多的力量来控制身体。
- (6) 向前跑：年轻人（如 21 岁、22 岁、23 岁）在跑步时，显示出较大的加速度和陀螺仪变化，表明他们跑步时更有力且步伐更大。身高较高（如 180cm）的佩戴者在跑步时，陀螺仪变化较大，可能是因为他们跑步时身体的摆动更大。
- (7) 跳跃：体重较轻（如 43kg、48kg）的佩戴者在跳跃时，加速度变化较小，说明他们跳跃时更加轻盈。年龄较轻（如 21 岁、22 岁）的佩戴者在跳跃时，陀螺仪变化较小，说明他们在跳跃时更加平稳。
- (8) 坐下：年龄在 30 岁以上的佩戴者（如 30 岁、34 岁、36 岁）在坐下时，显示出更大的加速度变化，表明他们坐下时动作可能较快或不太稳定。体重较重（如 76kg、80kg）的佩戴者在坐下时，显示出更大的加速度和陀螺仪变化，可能是因为他们坐在下时需要更多的力量控制身体。
- (9) 站立：年龄较轻（如 21 岁、22 岁、23 岁）的佩戴者在站立时，显示出较小的加速度和陀螺仪变化，说明他们在站立时更加稳定。身高较高（如 180cm）的佩戴者在站立时，陀螺仪变化较小，说明他们在站立时身体的平衡较好。
- (10) 躺下：年龄较大（如 49 岁、36 岁）的佩戴者在躺下时，显示出较大的加速度和陀螺仪变化，表明他们在躺下时动作可能较大或不太稳定。体重较重（如 76kg、

80kg)的佩戴者在躺下时,显示出更大的加速度和陀螺仪变化,可能是因为他们躺在躺下时需要更多的力量控制身体。

(11) 乘坐电梯向上移动: 数据显示该类运动与人的年龄, 身高, 体重关系不明显。

(12) 乘坐电梯向下移动: 数据显示该类运动与人的年龄, 身高, 体重关系不明显。

总体看来, 年龄较轻的佩戴者在进行各种运动时通常表现出更小的加速度和陀螺仪变化, 表明他们的动作更平稳。身高较高的佩戴者在动态运动(如跑步、跳跃)时, 陀螺仪的变化更大, 表明他们的身体摆动幅度更大。体重较轻的佩戴者在进行各种运动时通常表现出更小的加速度变化, 表明他们的动作更轻盈。

#### 4.1.5 画像

从每个文件中提取加速度(acc)和陀螺仪(gyro)的平均值和标准差。这些数据可以反映个体在不同运动模式下的运动稳定性和强度。根据不同运动模式下的数据特征, 将其与对应的年龄、身高、体重进行匹配, 找出最符合特征的个体。结合数据特征和个人信息(如年龄、身高、体重), 生成每个文件对应的人的画像。

##### (1) 提取特征

从附件 5 unknow1 生成的数据特征中提取每个运动模式下的加速度和陀螺仪数据的平均值和标准差:

表 5 unknow1 数据特征

|             |         |         |        |
|-------------|---------|---------|--------|
| Acc_x mean  | -0.6797 | Std dev | 0.0052 |
| Acc_y mean  | 0.5695  | Std dev | 0.0064 |
| Acc_z mean  | -0.5742 | Std dev | 0.0021 |
| Gyro_x mean | -0.0009 | Std dev | 0.3784 |
| Gyro_y mean | 0.0015  | Std dev | 0.2866 |
| Gyro_z mean | -0.0124 | Std dev | 1.0288 |

##### (2) 数据匹配

将提取的数据特征与已知的 10 个人的年龄、身高、体重信息进行匹配, 找出最符合的人。

##### (3) 匹配规则:

较小的标准差意味着运动更稳定, 通常体重较轻的人运动较稳定。加速度和陀螺仪数据的平均值可以反映运动的强度和频率。

##### (4) 生成画像

根据匹配结果, 生成具体的画像。假设文件对应的是 4 号人(26 岁, 身高 163cm, 体重 43kg): 人物画像, 年龄: 26 岁, 身高: 163cm, 体重: 43kg。

##### (5) 运动特征

向前走时加速度均值较低, 标准差小, 表明步伐较轻且稳定。向左走和向右走时, 运动数据变化较小, 表明侧向运动较为平稳。上下楼梯时, 加速度和陀螺仪数据变化较大, 可能是因为体重较轻, 运动幅度较大。跑步和跳跃时, 运动数据变化较大, 表明运动强度较高。坐下和站立时, 数据变化较小, 表明静止时较为稳定。

## (6) 具体步骤总结

从每个文件中提取运动数据的平均值和标准差；数据匹配：将数据特征与已知人员信息进行匹配，找出最符合的数据；结合匹配结果，描述每个人的画像，包括年龄、身高、体重和运动特征。

## 4.2 应用

### 4.2.1 分类模型检验 p4-13

|           | Person 4 |       |       |       |       | Person 5  |       |       |       |       | Person 6  |       |       |       |       | Person 7  |       |       |       |       | Person 8  |       |       |       |       |
|-----------|----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| action 1  | a1t1     | a1t2  | a1t3  | a1t4  | a1t5  | a1t1      | a1t2  | a1t3  | a1t4  | a1t5  | a1t1      | a1t2  | a1t3  | a1t4  | a1t5  | a1t1      | a1t2  | a1t3  | a1t4  | a1t5  | a1t1      | a1t2  | a1t3  | a1t4  | a1t5  |
| action 2  | a2t1     | a2t2  | a2t3  | a2t4  | a2t5  | a2t1      | a2t2  | a2t3  | a2t4  | a2t5  | a2t1      | a2t2  | a2t3  | a2t4  | a2t5  | a2t1      | a2t2  | a2t3  | a2t4  | a2t5  | a2t1      | a2t2  | a2t3  | a2t4  | a2t5  |
| action 3  | a3t1     | a3t2  | a3t3  | a3t4  | a3t5  | a3t1      | a3t2  | a3t3  | a3t4  | a3t5  | a3t1      | a3t2  | a3t3  | a3t4  | a3t5  | a3t1      | a3t2  | a3t3  | a3t4  | a3t5  | a3t1      | a3t2  | a3t3  | a3t4  | a3t5  |
| action 4  | a5t1     | a5t2  | a5t3  | a5t4  | a5t5  | a5t1      | a5t2  | a5t3  | a5t4  | a5t5  | a5t1      | a5t2  | a5t3  | a5t4  | a5t5  | a5t1      | a5t2  | a5t3  | a5t4  | a5t5  | a5t1      | a5t2  | a5t3  | a5t4  | a5t5  |
| action 5  | a6t1     | a6t2  | a6t3  | a6t4  | a6t5  | a6t1      | a6t2  | a6t3  | a6t4  | a6t5  | a6t1      | a6t2  | a6t3  | a6t4  | a6t5  | a6t1      | a6t2  | a6t3  | a6t4  | a6t5  | a6t1      | a6t2  | a6t3  | a6t4  | a6t5  |
| action 6  | a4t1     | a4t2  | a4t3  | a4t4  | a4t5  | a4t1      | a4t2  | a4t3  | a4t4  | a4t5  | a4t1      | a4t2  | a4t3  | a4t4  | a4t5  | a4t1      | a4t2  | a4t3  | a4t4  | a4t5  | a4t1      | a4t2  | a4t3  | a4t4  | a4t5  |
| action 7  | a12t1    | a12t2 | a12t3 | a12t4 | a12t5 | a12t1     | a12t2 | a12t3 | a12t4 | a12t5 | a12t1     | a12t2 | a12t3 | a12t4 | a12t5 | a12t1     | a12t2 | a12t3 | a12t4 | a12t5 | a12t1     | a12t2 | a12t3 | a12t4 | a12t5 |
| action 8  | a8t1     | a8t2  | a8t3  | a8t4  | a8t5  | a8t1      | a8t2  | a8t3  | a8t4  | a8t5  | a8t1      | a8t2  | a8t3  | a8t4  | a8t5  | a8t1      | a8t2  | a8t3  | a8t4  | a8t5  | a8t1      | a8t2  | a8t3  | a8t4  | a8t5  |
| action 9  | a7t1     | a7t2  | a7t3  | a7t4  | a7t5  | a7t1      | a7t2  | a7t3  | a7t4  | a7t5  | a7t1      | a7t2  | a7t3  | a7t4  | a7t5  | a7t1      | a7t2  | a7t3  | a7t4  | a7t5  | a7t1      | a7t2  | a7t3  | a7t4  | a7t5  |
| action 10 | a9t1     | a9t2  | a9t3  | a9t4  | a9t5  | a9t1      | a9t2  | a9t3  | a9t4  | a9t5  | a9t1      | a9t2  | a9t3  | a9t4  | a9t5  | a9t1      | a9t2  | a9t3  | a9t4  | a9t5  | a9t1      | a9t2  | a9t3  | a9t4  | a9t5  |
| action 11 | a10t1    | a10t2 | a10t3 | a10t4 | a10t5 | a10t1     | a10t2 | a10t3 | a10t4 | a10t5 | a10t1     | a10t2 | a10t3 | a10t4 | a10t5 | a10t1     | a10t2 | a10t3 | a10t4 | a10t5 | a10t1     | a10t2 | a10t3 | a10t4 | a10t5 |
| action 12 | a11t1    | a11t2 | a11t3 | a11t4 | a11t5 | a11t1     | a11t2 | a11t3 | a11t4 | a11t5 | a11t1     | a11t2 | a11t3 | a11t4 | a11t5 | a11t1     | a11t2 | a11t3 | a11t4 | a11t5 | a11t1     | a11t2 | a11t3 | a11t4 | a11t5 |
|           | Person 9 |       |       |       |       | Person 10 |       |       |       |       | Person 11 |       |       |       |       | Person 12 |       |       |       |       | Person 13 |       |       |       |       |
| action 1  | a1t1     | a1t2  | a1t3  | a1t4  | a1t5  | a1t1      | a1t2  | a1t3  | a1t4  | a1t5  | a1t1      | a1t2  | a1t3  | a1t4  | a1t5  | a1t1      | a1t2  | a1t3  | a1t4  | a1t5  | a1t1      | a1t2  | a1t3  | a1t4  | a1t5  |
| action 2  | a2t1     | a2t2  | a2t3  | a2t4  | a2t5  | a2t1      | a2t2  | a2t3  | a2t4  | a2t5  | a2t1      | a2t2  | a2t3  | a2t4  | a2t5  | a2t1      | a2t2  | a2t3  | a2t4  | a2t5  | a2t1      | a2t2  | a2t3  | a2t4  | a2t5  |
| action 3  | a3t1     | a3t2  | a3t3  | a3t4  | a3t5  | a3t1      | a3t2  | a3t3  | a3t4  | a3t5  | a3t1      | a3t2  | a3t3  | a3t4  | a3t5  | a3t1      | a3t2  | a3t3  | a3t4  | a3t5  | a3t1      | a3t2  | a3t3  | a3t4  | a3t5  |
| action 4  | a5t1     | a5t2  | a5t3  | a5t4  | a5t5  | a5t1      | a5t2  | a5t3  | a5t4  | a5t5  | a5t1      | a5t2  | a5t3  | a5t4  | a5t5  | a5t1      | a5t2  | a5t3  | a5t4  | a5t5  | a5t1      | a5t2  | a5t3  | a5t4  | a5t5  |
| action 5  | a6t1     | a6t2  | a6t3  | a6t4  | a6t5  | a6t1      | a6t2  | a6t3  | a6t4  | a6t5  | a6t1      | a6t2  | a6t3  | a6t4  | a6t5  | a6t1      | a6t2  | a6t3  | a6t4  | a6t5  | a6t1      | a6t2  | a6t3  | a6t4  | a6t5  |
| action 6  | a4t1     | a4t2  | a4t3  | a4t4  | a4t5  | a4t1      | a4t2  | a4t3  | a4t4  | a4t5  | a4t1      | a4t2  | a4t3  | a4t4  | a4t5  | a4t1      | a4t2  | a4t3  | a4t4  | a4t5  | a4t1      | a4t2  | a4t3  | a4t4  | a4t5  |
| action 7  | a12t1    | a12t2 | a12t3 | a12t4 | a12t5 | a12t1     | a12t2 | a12t3 | a12t4 | a12t5 | a12t1     | a12t2 | a12t3 | a12t4 | a12t5 | a12t1     | a12t2 | a12t3 | a12t4 | a12t5 | a12t1     | a12t2 | a12t3 | a12t4 | a12t5 |
| action 8  | a8t1     | a8t2  | a8t3  | a8t4  | a8t5  | a8t1      | a8t2  | a8t3  | a8t4  | a8t5  | a8t1      | a8t2  | a8t3  | a8t4  | a8t5  | a8t1      | a8t2  | a8t3  | a8t4  | a8t5  | a8t1      | a8t2  | a8t3  | a8t4  | a8t5  |
| action 9  | a7t1     | a7t2  | a7t3  | a7t4  | a7t5  | a7t1      | a7t2  | a7t3  | a7t4  | a7t5  | a7t1      | a7t2  | a7t3  | a7t4  | a7t5  | a7t1      | a7t2  | a7t3  | a7t4  | a7t5  | a7t1      | a7t2  | a7t3  | a7t4  | a7t5  |
| action 10 | a9t1     | a9t2  | a9t3  | a9t4  | a9t5  | a9t1      | a9t2  | a9t3  | a9t4  | a9t5  | a9t1      | a9t2  | a9t3  | a9t4  | a9t5  | a9t1      | a9t2  | a9t3  | a9t4  | a9t5  | a9t1      | a9t2  | a9t3  | a9t4  | a9t5  |
| action 11 | a10t1    | a10t2 | a10t3 | a10t4 | a10t5 | a10t1     | a10t2 | a10t3 | a10t4 | a10t5 | a10t1     | a10t2 | a10t3 | a10t4 | a10t5 | a10t1     | a10t2 | a10t3 | a10t4 | a10t5 | a10t1     | a10t2 | a10t3 | a10t4 | a10t5 |
| action 12 | a11t1    | a11t2 | a11t3 | a11t4 | a11t5 | a11t1     | a11t2 | a11t3 | a11t4 | a11t5 | a11t1     | a11t2 | a11t3 | a11t4 | a11t5 | a11t1     | a11t2 | a11t3 | a11t4 | a11t5 | a11t1     | a11t2 | a11t3 | a11t4 | a11t5 |

图 8 分类模型对 P4-13 活动分类结果

每个板块左侧第 1 列代表正确的运动类型，若分类正确则显示绿色；若分类错误则显示红色。可以根据表格内容明确具体错误。如 action4 中标红为 a1t1~a1t5 则代表将运动 4 分类错为 5。

### 4.2.2 判断模型检验 p4-13

问题 2-（1）要求在假设附件 2 中 Person4-13 的活动类型未知的情况下，对其活动数据进行预测。加载判别模型对附件 2 中 Person4-13 的活动进行预测，预测输入文件为 3.2.1 节中对附件 2 加工后按照人员标准进行划分的图片文件，由于活动数据采样时间不长、部分活动之间特征相近、模型训练准确率没有达到 100%，实验人员同一活动数据输出的图片被模型判别为不同运动的结果，对于此现象，采用数量优先准则判断该运动应判为哪种运动。结果如图 9 所示。

|           | Person4 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Person5 |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    | Person6 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|           | 1       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 1       | 2  | 3  | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 1       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| action 1  | 41      | 0  | 6  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 42      | 1  | 18 | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 40      | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 2  | 0       | 54 | 0  | 1  | 20 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4       | 45 | 0  | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3       | 55 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 3  | 0       | 0  | 56 | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 38 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 71 | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |    |
| action 4  | 0       | 0  | 0  | 90 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 12 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 11 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |    |
| action 5  | 0       | 0  | 0  | 2  | 75 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0       | 1  | 1  | 2 | 11 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 2  | 12 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |    |
| action 6  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 27 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0 | 1  | 32 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 32 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |    |
| action 7  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 23 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0 | 0  | 21 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 14 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |    |
| action 8  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 64 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 65 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 66 | 3  | 0  | 0  | 1  |    |
| action 9  | 0       | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 31 | 0  | 1  | 1  | 0       | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 1  | 62 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 57 | 0  | 1  | 0  |    |
| action 10 | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 83 | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 83 | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 83 | 0  | 0  |    |
| action 11 | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 13 | 2  | 0       | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 18 | 8  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 19 | 5  |    |
| action 12 | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 17 | 27 | 0       | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 22 | 30 | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4  | 0  | 13 | 27 |    |
| results   | 1       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 12 | 12 | 1       | 2  | 3  | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 12 | 12 | 1       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |

|           | Person7 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Person8 |    |    |     |     |    |    |    |    |    |    |    | Person9 |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |
|-----------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|
|           | 1       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 1       | 2  | 3  | 4   | 5   | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 1       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9 | 10 | 11 | 12 |
| action 1  | 34      | 0  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 134     | 2  | 5  | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 39      | 0  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  |
| action 2  | 9       | 59 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 7       | 73 | 0  | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 11      | 85 | 2  | 5  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  |
| action 3  | 1       | 0  | 51 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 64 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 87 | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 1  |
| action 4  | 0       | 0  | 0  | 16 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 115 | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 43 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  |
| action 5  | 0       | 0  | 0  | 1  | 13 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0   | 104 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 12 | 66 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  |
| action 6  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 29 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0   | 49  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 6  | 0  | 50 | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  |    |
| action 7  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 13 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0   | 0   | 27 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 23 | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  |    |
| action 8  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 32 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0       | 0  | 0  | 0   | 0   | 0  | 47 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0       | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 50 | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  |
| action 9  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 32 | 0  | 0  | 1  | 0       | 0  | 0  | 0   | 0   | 0  | 3  | 45 | 0  | 2  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 44 | 0 | 1  | 1  |    |
| action 10 | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 83 | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 83 | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 83 | 0 | 0  | 0  |    |
| action 11 | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 17 | 3  | 0       | 0  | 0  | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 17 | 4  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4  | 0 | 24 | 0  |    |
| action 12 | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 22 | 35 | 0       | 0  | 0  | 0   | 0   | 0  | 0  | 3  | 0  | 32 | 46 | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0 | 5  | 29 |    |
| results   | 1       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 12 | 12 | 1       | 2  | 3  | 4   | 5   | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 12 | 12 | 1       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9 | 10 | 11 | 12 |

|           | Person10 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Person11 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    | Person12 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|           | 1        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 1        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10  | 11 | 12 | 1        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| action 1  | 85       | 0  | 19 | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 157      | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 146      | 0  | 10 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 2  | 7        | 88 | 0  | 2  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 7        | 55 | 1  | 1  | 3  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0  | 0  | 13       | 69 | 0  | 0  | 8  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| action 3  | 0        | 0  | 84 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 47 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0   | 0  | 0  | 2        | 0  | 57 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 4  | 0        | 0  | 0  | 18 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 36 | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 49 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 5  | 0        | 0  | 0  | 2  | 19 | 1  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1        | 0  | 0  | 2  | 35 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 5  | 45 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 6  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 59 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 74 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0        | 0  | 7  | 0  | 71 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |    |
| action 7  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 32 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 27 | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 33 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |    |
| action 8  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 77 | 2  | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 65 | 4  | 0  | 0   | 1  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 90 | 11 | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 9  | 0        | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 21 | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 54 | 0   | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 67 | 0  | 1  | 0  | 0  |
| action 10 | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 83 | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 166 | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 83 | 0  | 0  | 0  |
| action 11 | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 6  | 0  | 10 | 2  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 18 | 0  | 16  | 6  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4  | 0  | 13 | 3  | 0  |
| action 12 | 0        | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 5  | 4  | 0  | 26 | 31 | 0        | 0  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 12 | 6  | 0   | 20 | 23 | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 7  | 0  | 34 | 43 | 0  |
| results   | 1        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 12 | 12 | 1        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10  | 12 | 12 | 1        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |

|           | Person13 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|           | 1        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| action 1  | 215      | 1  | 6  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 2  | 2        | 86 | 2  | 0  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 3  | 0        | 0  | 68 | 2  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 4  | 0        | 0  | 0  | 39 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 5  | 2        | 1  | 0  | 2  | 34 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 6  | 0        | 0  | 0  | 0  | 30 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 7  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 44 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 8  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 80 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 9  | 2        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 63 | 0  | 0  | 0  | 0  |
| action 10 | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 83 | 0  | 0  | 0  |
| action 11 | 0        | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 11 | 0  | 8  | 3  | 0  |
| action 12 | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 12 | 0  | 40 | 49 | 0  |
| results   | 1        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 12 | 12 |

## 5 模型评价

### 5.1 模型的优点

#### 5.1.1 问题 1 分类模型优点

- (3) 模型充分结合实际情况，使用加速度计和陀螺仪的数据来判断运动状态。这样的假设使得模型能够有效捕捉不同运动状态下的数据特征，包括线性加速度和角速度的变化情况。简化了复杂的物理运动模型，只考虑关键的运动数据，因此具有较高的实际应用价值。
- (4) 模型运用卷积神经网络（CNN）和长短期记忆网络（LSTM）的思想，抓住了影响运动状态识别的重要因素。通过卷积层提取空间特征，再通过 LSTM 层处理时间序列数据，将复杂的时序特征提取和分类问题简化为层次化的特征处理过程。合理设置了卷积核大小、池化层参数和 LSTM 层神经元数量，使得模型能够有效学习和分类不同的运动状态。
- (5) 本文使用的 Adam 优化算法具有快速收敛、适应性学习率调整和鲁棒性强等优点，对于训练深度神经网络非常适用。Adam 优化算法在处理大规模数据时表现优异，能够高效地训练复杂模型，保证模型在有限时间内达到较好的性能。
- (6) 本文得到的运动状态分类方案具有较高的准确性和稳定性，能够有效区分不同的运动状态。分类结果基本均衡，各类运动状态的识别准确率较高。模型在现有条件下能够有效区分不同的运动状态，基本不存在大类误判、小类遗漏等问题，可以提高运动状态识别的准确性和可靠性。

#### 5.1.2 问题 2 判别模型优点

使用基于卷积神经网络的判别模型，避免了对传统数据特征的提取，极大的降低了数据分析门槛，减轻了数据解读工作。

#### 5.1.3 问题 3 算法优点

通过平滑去噪使得信号更加具有规律性，由此得到的特征数值更加具有代表性；通过统计特征值来对人群运动进行分类，更为直观且易于理解。

### 5.2 模型的不足

#### 5.2.1 问题 1 分类模型不足

- (1) 实际应用中，环境噪声和传感器的校准误差可能也是重要的因素，但本文未能考虑到这些因素的影响，一定程度上影响了模型的准确性。例如，户外运动时的风噪声、设备佩戴方式的变化等都可能数据的不稳定。
- (2) 本文提出的模型对于现有条件下使用效果较好，由于时间问题没有对其他情况进行检验。对于其他情形（如：不同用户群体、不同设备类型），可能无法达到较好的效果。不同用户的运动习惯、不同设备的传感器精度等都会影响模型的泛化能力。
- (3) 实际上，加速度和角速度的变化不一定是线性的，而本文将其作为线性因子处理，忽略了边际效应的影响。例如，在某些运动状态下，运动强度和频率的非线性变化可能对识别结果产生显著影响。非线性因素的忽略可能导致模型在极端条件下的识别准确性下降。

### 5.2.2 问题 2 判别模型不足

关于卷积神经网络层数、卷积核数目及大小、池化算子大小设置、模型训练学习率设置有待进一步的研究，以提高模型准确率和迁移应用时的工作速度。

### 5.2.3 问题 3 算法不足

通过人工总结特征差异效率比较低，另外仅仅通过这四个特征值是否能真正代表运动状态还有待考究。

## 5.3 模型的展望

### 5.3.1 问题 1 分类模型展望

- (1) 个体差异的考虑：附件 4 中提供的实验人员的年龄、身高、体重等数据表明，不同个体的身体特征和运动习惯对运动状态识别有显著影响。通过在模型中引入这些个体特征，调整模型的输入参数，可以提高模型对不同人群的适应性和泛化能力。未来可以进一步采集更多样本，建立更为全面的个体特征数据库，以提升模型的鲁棒性和实用性。
- (2) 多传感器融合：当前模型仅利用了加速度计和陀螺仪的数据。为了进一步提高运动状态识别的准确性，可以考虑引入其他类型的传感器数据，如心率传感器、气压传感器等。多传感器融合可以提供更为丰富的运动状态信息，帮助模型更准确地识别复杂的运动状态。
- (3) 跨设备适应性：不同设备的传感器性能和数据采集频率可能存在差异，导致模型在不同设备上的表现不一致。通过采集多种设备的数据，进行跨设备的适应性训练，可以提升模型在不同设备上的一致性和准确性。
- (4) 长期监测和动态调整：在实际应用中，用户的运动习惯和身体状况可能会随时间变化。通过长期监测用户的运动数据，动态调整模型的参数，可以提高模型的长期稳定性和用户体验。特别是对于健康监测应用，动态调整可以帮助提供更准确的健康建议。

### 5.3.2 问题 2 判别模型展望

- (1) 本文中的判别模型训练过程时采用的样本数据有限，在进一步的推广应用前，需要更多的数据样本训练模型提高准确率，尤其是特征相似的活动。
- (2) 鉴于模型的直接输入文件是图片，可开发实现数据与图片相互转化的自动化处理前端程序。
- (3) 模型的可解释性有待提升，尽管判别模型可能在原始数据上表现良好，但在推广时，需要确保模型的预测结果能够被解释并理解。
- (4) 将模型推广至健康检测领域，扩展判别模型对跌倒、摔倒等活动的判别能力。

### 5.3.3 问题 3 算法展望

未来算法考虑增强模型功能，使用时间序列分析分析和预测时间序列数据的变化趋势，主成分分析用于降维和特征提取，用于预测和分析变量之间的线性关系。

---

## 参考文献

- [1] Shoaib, M., Bosch, S., Incel, O. D., Scholten, H., & Havinga, P. J. M. (2015). A survey of online activity recognition using mobile phones. *Sensors*, 15(1), 2059-2085
- [2] Ronao, C. A., & Cho, S. B. (2016). Human activity recognition with smartphone sensors using deep learning neural networks. *Expert Systems with Applications*, 59, 235-244.
- [3] Kwapisz, J. R., Weiss, G. M., & Moore, S. A. (2011). Activity recognition using cell phone accelerometers. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 12(2), 74-82.
- [4] Murad, A., & Pyun, J. Y. (2017). Deep recurrent neural networks for human activity recognition. *Sensors*, 17(11), 2556.
- [5] Jitpattanakul, A. (2021). LSTM Networks Using Smartphone Data for Sensor-Based Human Activity Recognition in Smart Homes. *Sensors*, 21(5), 1636.
- [6] Kealy, A., Khoshelham, K., & Shang, J. (2015). User-Independent Motion State Recognition Using Smartphone Sensors. *Sensors*, 15(12), 30636-30652.
- [7] Kulkarni, P., Kirkham, R., & McNaney, R. (2022). Opportunities for Smartphone Sensing in E-Health Research: A Narrative Review. *Sensors*, 22(10), 3893.
- [8] 韩中庚. 数学建模方法及其应用-第 2 版[M]. 高等教育出版社, 2009.
- [9] CNN 多位置穿戴式传感器人体活动识别.pdf[Z].

## 附录

### 附录 A: 支撑材料列表

支撑材料列表

| 序号 | 文件名        | 材料说明           |
|----|------------|----------------|
| 1  | feilei.zip | 附件 2 数据转换成图片结果 |

### 附录 B: 主要程序/关键代码

|                  |                                                                                                                          |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 代<br>码<br>环<br>境 | 操作系统: Windows (Version 10/11)<br>编程语言: matlab Python 3.7.1<br>编辑器: MATLAB PyCharm 2023 (Community Edition)<br>代码详见: 代码清单 |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

代码清单 1 问题 1 数据特征提取

```
function features = extractFeatures(data)
% 动态获取列名称，确保列名称唯一
varNames = data.Properties.VariableNames;

% 动态找到包含 'acc_x', 'acc_y', 'acc_z' 和 'gyro_x', 'gyro_y', 'gyro_z' 的列名
accXColumn = varNames{contains(varNames, 'acc x')};
accYColumn = varNames{contains(varNames, 'acc y')};
accZColumn = varNames{contains(varNames, 'acc z')};
gyroXColumn = varNames{contains(varNames, 'gyro x')};
gyroYColumn = varNames{contains(varNames, 'gyro y')};
gyroZColumn = varNames{contains(varNames, 'gyro z')};

% 确保列名存在
if isempty(accXColumn) || isempty(accYColumn) || isempty(accZColumn) || isempty(gyroXColumn) || isempty(gyroYColumn) || isempty(gyroZColumn)
    error('加速度或角速度列名不存在，请检查数据。');
end

% 提取数据
accX = data{:, accXColumn};
accY = data{:, accYColumn};
accZ = data{:, accZColumn};
gyroX = data{:, gyroXColumn};
gyroY = data{:, gyroYColumn};
gyroZ = data{:, gyroZColumn};

% 计算加速度特征
meanAccX = mean(accX);
meanAccY = mean(accY);
meanAccZ = mean(accZ);
stdAccX = std(accX);
stdAccY = std(accY);
stdAccZ = std(accZ);
rmsAccX = rms(accX);
rmsAccY = rms(accY);
rmsAccZ = rms(accZ);
maxAccX = max(accX);
maxAccY = max(accY);
maxAccZ = max(accZ);
```

```

minAccX = min(accX);
minAccY = min(accY);
minAccZ = min(accZ);
meanDiffAccX = mean(diff(accX));
meanDiffAccY = mean(diff(accY));
meanDiffAccZ = mean(diff(accZ));
fftAccX = abs(fft(accX));
fftAccY = abs(fft(accY));
fftAccZ = abs(fft(accZ));
meanFftAccX = mean(fftAccX);
meanFftAccY = mean(fftAccY);
meanFftAccZ = mean(fftAccZ);

% 计算角速度特征
meanGyroX = mean(gyroX);
meanGyroY = mean(gyroY);
meanGyroZ = mean(gyroZ);
stdGyroX = std(gyroX);
stdGyroY = std(gyroY);
stdGyroZ = std(gyroZ);
rmsGyroX = rms(gyroX);
rmsGyroY = rms(gyroY);
rmsGyroZ = rms(gyroZ);
maxGyroX = max(gyroX);
maxGyroY = max(gyroY);
maxGyroZ = max(gyroZ);
minGyroX = min(gyroX);
minGyroY = min(gyroY);
minGyroZ = min(gyroZ);
meanDiffGyroX = mean(diff(gyroX));
meanDiffGyroY = mean(diff(gyroY));
meanDiffGyroZ = mean(diff(gyroZ));
fftGyroX = abs(fft(gyroX));
fftGyroY = abs(fft(gyroY));
fftGyroZ = abs(fft(gyroZ));
meanFftGyroX = mean(fftGyroX);
meanFftGyroY = mean(fftGyroY);
meanFftGyroZ = mean(fftGyroZ);

% 将所有特征合并到一个向量中
features = [meanAccX, meanAccY, meanAccZ, stdAccX, stdAccY, stdAccZ, ...
            rmsAccX, rmsAccY, rmsAccZ, maxAccX, maxAccY, maxAccZ, minAccX, minAccY, minAccZ, ...
            meanDiffAccX, meanDiffAccY, meanDiffAccZ, meanFftAccX, meanFftAccY, meanFftAccZ, ...
            meanGyroX, meanGyroY, meanGyroZ, stdGyroX, stdGyroY, stdGyroZ, ...
            rmsGyroX, rmsGyroY, rmsGyroZ, maxGyroX, maxGyroY, maxGyroZ, minGyroX, minGyroY, minGyroZ, ...
            meanDiffGyroX, meanDiffGyroY, meanDiffGyroZ, meanFftGyroX, meanFftGyroY, meanFftGyroZ];
end

```

## 代码清单 2 问题 1 分类模型

```

clc;
clear;

% 固定随机种子
rng(42);

% 定义文件数量和其他参数
numFiles = 60; % 60组数据
numActivities = 12; % 12种运动状态

```

```

allFeatures = [];
allLabels = [];
fileNames = cell(numFiles, 1); % 用于存储文件名

% 文件所在目录
dataDir = 'D:\Program Files\MATLAB\R2023b\bin\MATH\classify\Person3\'; % 请根据实际情况调整

% 提取所有数据的特征
for i = 1:numFiles
    filename = sprintf('%sSY%d.xlsx', dataDir, i); % 文件名为'SY1.xlsx', 'SY2.xlsx', ...
    fileNames{i} = filename; % 存储文件名
    data = readtable(filename, 'VariableNamingRule', 'preserve');

    % 确保列名唯一
    data.Properties.VariableNames = matlab.lang.makeUniqueStrings(data.Properties.VariableNames);

    % 提取特征
    features = extractFeatures(data);

    % 确保特征长度一致
    feature_length = 42; % 更新后的特征长度
    if length(features) < feature_length
        features = [features, zeros(1, feature_length - length(features))];
    end

    % 添加到所有特征和标签中
    allFeatures = [allFeatures; features];

    % 添加标签（假设每种运动状态有5个文件，60个文件对应12种运动状态）
    allLabels = [allLabels; ceil(i / 5)];
end

% 标准化特征
allFeatures = zscore(allFeatures);

% 转换为LSTM输入格式
sequenceLength = size(allFeatures, 2);
numChannels = 1; % 仅有一个通道
allFeatures = reshape(allFeatures, [numFiles, sequenceLength, numChannels]); % 将维度调整为 [numFiles, sequenceLength, 1]
allFeatures = permute(allFeatures, [2, 3, 1]); % 将维度调整为 [sequenceLength, 1, numFiles]
allLabels = categorical(allLabels);

% 将allFeatures转换为元胞数组
allFeaturesCell = squeeze(mat2cell(allFeatures, sequenceLength, numChannels, ones(1, numFiles))));

% 检查标签类别数和特征维度

```

```

uniqueLabels = unique(allLabels);
numUniqueLabels = numel(uniqueLabels);
fprintf('标签类别数: %d\n', numUniqueLabels);
fprintf('标签类别: %s\n', strjoin(cellstr(uniqueLabels), ', '));
fprintf('特征维度: %d x %d x %d\n', size(allFeatures, 1), size(allFeatures, 2), size(allFeatures,
3));

% 确保allLabels只有12个独特的值
if numUniqueLabels ~= numActivities
    error('标签类别数与预期不符。请检查数据。');
end

% 构建DeepConvLSTM模型
layers = [ ...
sequenceInputLayer([sequenceLength numChannels], 'MinLength', 1) % 将MinLength属性
设置为1
convolution1dLayer(3, 128, 'Padding', 'same')
batchNormalizationLayer
reluLayer
maxPooling1dLayer(2, 'Stride', 2)
convolution1dLayer(3, 256, 'Padding', 'same')
batchNormalizationLayer
reluLayer
maxPooling1dLayer(2, 'Stride', 2)
flattenLayer
lstmLayer(256, 'OutputMode', 'last')
fullyConnectedLayer(256)
reluLayer
dropoutLayer(0.5)
fullyConnectedLayer(numActivities) % 将输出大小设置为12
softmaxLayer
classificationLayer];

% 设置训练选项
options = trainingOptions('adam', ...
'MaxEpochs', 150, ...
'MiniBatchSize', 16, ...
'Shuffle', 'every-epoch', ...
'Plots', 'training-progress', ...
'ValidationData', {allFeaturesCell, allLabels}, ...
'ValidationFrequency', 10, ...
'Verbose', false);

% 训练模型
net = trainNetwork(allFeaturesCell, allLabels, layers, options);

% 预测每个样本的分类
predictedLabels = classify(net, allFeaturesCell);

% 将最终结果映射到运动状态标签

```

```

    allActivityLabels = {'向前走', '向左走', '向右走', '向前跑', '步行上楼', '步行下楼', '站立', '坐下', '躺下', '乘坐电梯向上移动', '乘坐电梯向下移动', '跳跃'};
    activityCodes = [1, 2, 3, 6, 4, 5, 9, 8, 10, 11, 12, 7];
    finalPredictedActivities = cell(numFiles, 1);
    for i = 1:numFiles
        finalPredictedActivities{i} = allActivityLabels{double(predictedLabels(i))};
    end

    % 初始化分类结果表格
    resultsTable = table(fileNames, finalPredictedActivities, 'VariableNames', {'FileName', 'Predicted Activity'});

    % 显示分类结果
    disp('最终分类结果表格:');
    disp(resultsTable);

    % 输出每种运动状态的文件名称及其编码
    for i = 1:numActivities
        fprintf('%s (%d) 文件名称:\n', allActivityLabels{i}, activityCodes(i));
        indices = find(strcmp(resultsTable.PredictedActivity, allActivityLabels{i}));
        for j = 1:length(indices)
            fprintf('%s\n', resultsTable.FileName{indices(j)});
        end
    end
end

```

### 代码清单 3 问题 2 数据拼接

```

clc;
clear;
% 设置文件夹路径和输出路径
folderPath = 'E:\semester\1.3\MM\071802449k5j\附件2\Person13'; % 替换为输入文件夹路径
outputFolder = 'E:\semester\1.3\MM\071802449k5j\附件2\dataprocessing\shuchu\s13'; % 替换为输出文件夹路径

% 循环遍历每类表格
for classIndex = 1:12 % 假设有12类表格
    % 初始化空cell数组，用于存储每类表格的数据
    classData = cell(1, 5); % 假设每类表格有5个

    % 循环遍历每个表格
    for tableIndex = 1:5 % 假设每类表格有5个表格
        % 构建表格文件名
        filename = sprintf('a%d\t%d.xlsx', classIndex, tableIndex); % 根据实际文件命名规则修改

        % 读取表格数据
        filePath = fullfile(folderPath, filename);
        [~, ~, raw] = xlsread(filePath); % 读取Excel表格数据
    end
end

```

```

    % 转换数据格式，去除第一行文字（假设第一行是表头）
    data = cell2mat(raw(2:end, :)); % 将数据转换为数值矩阵，假设数据都是数值

    % 存储处理后的数据到cell数组
    classData{tableIndex} = data;
end

% 拼接当前类的所有表格数据
combinedData = vertcat(classData{:});

% 生成输出文件名
outputFilename = sprintf('a%d.xlsx', classIndex);
outputPath = fullfile(outputFolder, outputFilename);

% 写入拼接后的数据到新的Excel文件
xlswrite(outputPath, combinedData); % 写入到Excel文件，根据需要可能需要调整写入函数

fprintf('Generated %s with combined data.\n', outputFilename);
end

fprintf('All tables processed and saved.\n');

```

#### 代码清单 4 问题 2 图片生成

```

clc;
clear;
% 文件夹路径和输出路径设置
folderPath = 'E:\semester\1.3\MM\071802449k5j\附件2\dataprocessing\shuchu\s13'; % 替换为Excel
文件所在文件夹路径
outputFolder = 'E:\semester\1.3\MM\071802449k5j\附件2\dataprocessing\shuchu\png13'; % 替换为输
出图片的文件夹路径

% 遍历每个表格并处理数据
for tableIndex = 1:12
    % 构建文件名
    filename = sprintf('a%d.xlsx', tableIndex);
    filePath = fullfile(folderPath, filename);

    % 读取表格数据
    [~, ~, raw] = xlsread(filePath);

    % 计算表格总行数
    numRows = size(raw, 1);

    % 计算整数倍的部分行数
    numFullChunks = floor(numRows / 300);

    % 处理每个300行的块
    for chunkIndex = 1:numFullChunks
        % 提取300行数据
        startIndex = (chunkIndex - 1) * 300 + 1;
        endIndex = chunkIndex * 300;
        dataChunk = raw(startIndex:endIndex, 1:6);

        % 将单元格数据转换为矩阵（假设数据为数值型）
    end
end

```

```

% 根据实际数据转换成黑白图像的逻辑来替换
% 使用随机数据生成黑白图像
imageData = cell2mat(dataChunk); % 替换为实际处理数据生成图像的逻辑

% 如果表格不足300行，则跳过
if size(imageData, 1) < 300
    continue;
end

% 构建图片文件名
if tableIndex < 10
    tableNumberStr = sprintf('0%d', tableIndex);
else
    tableNumberStr = sprintf('%d', tableIndex);
end
imageNumberStr = sprintf('%03d', chunkIndex);
imageFilename = strcat('13', tableNumberStr, imageNumberStr, '.png');
outputPath = fullfile(outputFolder, imageFilename);

% 保存图片
imwrite(imageData, outputPath);

fprintf('Generated %s\n', imageFilename);
end
end
fprintf('All images generated.\n');

```

## 代码清单 5 问题 2 将生成图片按活动分类

```

clc;
clear;
% 按人分类转换成按活动分类
% 原始文件夹和目标文件夹路径
sourceFolder = 'E:\semester\1.3\MM\071802449k5j\附件2\dataprocessing\shuchu\person'; % 替换为源文件夹路径
targetFolder = 'E:\semester\1.3\MM\071802449k5j\附件2\dataprocessing\shuchu\action'; % 替换为目标文件夹路径

% 遍历所有源文件夹
for p = 4:13
    sourceFolderPath = fullfile(sourceFolder, ['p' num2str(p)]);

    % 检查源文件夹是否存在
    if ~isfolder(sourceFolderPath)
        warning(['文件夹 ' sourceFolderPath ' 不存在。']);
        continue;
    end

    % 遍历当前源文件夹中的所有PNG文件
    pngFiles = dir(fullfile(sourceFolderPath, '*.png'));

    for i = 1:length(pngFiles)
        filename = pngFiles(i).name;
        filePath = fullfile(sourceFolderPath, filename);

        % 读取文件名中的类别信息
        class = str2double(filename(3:4)); % 假设类别信息在文件名的第3到第4位
    end
end

```

```

        % 确定目标文件夹路径
        targetFolderPath = fullfile(targetFolder, ['a' num2str(class)]);

        % 如果目标文件夹不存在，则创建它
        if ~isfolder(targetFolderPath)
            mkdir(targetFolderPath);
        end

        % 将文件复制到目标文件夹
        copyfile(filePath, fullfile(targetFolderPath, filename));
    end
end

disp('分类完成。');

```

## 代码清单 6 问题 2 判别模型训练

```

clc;
clear;
%% 定义包含图像的文件夹路径
dataFolder = 'E:\semester\1.3\MM\071802449k5j\附件2\dataprocessing\shuchu\action';

% 读取所有图像数据和标签
imds = imageDatastore(dataFolder, ...
    'IncludeSubfolders', true, 'LabelSource', 'foldernames');

% 设置训练集和测试集的比例
trainRatio = 0.8; % 80% 作为训练集
[imdsTrain, imdsTest] = splitEachLabel(imds, trainRatio, 'randomized');

%% 创建卷积神经网络模型
layers = [
    imageInputLayer([300 6 1]) % 输入层，与图像尺寸和通道数匹配

    convolution2dLayer(3, 64, 'Padding', 'same', 'Stride', 1)
    reluLayer()
    maxPooling2dLayer([2,1], 'Stride', 2)% 输出特征150*6
    convolution2dLayer(3, 128, 'Padding', 'same')
    reluLayer()
    maxPooling2dLayer([2,1], 'Stride', 1)% 输出特征75*6
    convolution2dLayer(3, 128, 'Padding', 'same')
    reluLayer()
    maxPooling2dLayer([3,1], 'Stride', 1)% 输出特征25*6

    convolution2dLayer(3, 164, 'Padding', 'same')
    reluLayer()
    convolution2dLayer(2, 164, 'Padding', 'same')
    reluLayer()

    fullyConnectedLayer(512)
    reluLayer()

```

```

        fullyConnectedLayer(256)
        reluLayer()
        fullyConnectedLayer(128)
        reluLayer()
        fullyConnectedLayer(64)
        reluLayer()

        fullyConnectedLayer(12)
        softmaxLayer()

        classificationLayer()
];

% 设置训练选项
options = trainingOptions('sgdm', ...
    'InitialLearnRate', 0.001, ...
    'MaxEpochs', 7, ...
    'MiniBatchSize', 10, ...
    'ValidationData', imdsTest, ...
    'ValidationFrequency', 15, ...
    'Verbose', true, ...
    'Plots','training-progress');

% 训练神经网络
net = trainNetwork(imdsTrain, layers, options);

%% 评估和应用模型
% 对测试集进行分类预测
YPred = classify(net, imdsTest);

% 获取真实标签
YTest = imdsTest.Labels;

% 计算分类准确度
accuracy = sum(YPred == YTest) / numel(YTest);
fprintf('Accuracy on test set: %.2f%%\n', accuracy * 100);

classNames = {'a1', 'a2', 'a3', 'a4', 'a5', 'a6', 'a7', 'a8', 'a9', 'a10', 'a11', 'a12'};

% 假设已经训练好的模型保存在变量 net 中
% 指定保存的文件名和路径
modelFileName = 'trainedModel.mat';

% 使用 save 函数保存模型
save(modelFileName, 'net','classNames');

disp(['训练好的模型已保存为 ', modelFileName]);

```

## 代码清单 7 问题 2 活动判别模型调用

```

% 加载预训练模型和类别名称

```

```

load('trainedModel.mat');

imageFolder = 'E:\semester\1.3\MM\071802449k5j\附件2\dataprocessing2\shuchu\person\p13';
targetFolder = 'E:\semester\1.3\MM\071802449k5j\附件3\dataprocessing3\shuchu\1\Person13';

% 获取imageFolder文件夹中所有.png格式的图片文件
fileList = dir(fullfile(imageFolder, '*.png'));
% 遍历所有图片文件
for i = 1:length(fileList)
    if fileList(i).isdir == 0 % 确保是文件而不是文件夹
        imgPath = fullfile(imageFolder, fileList(i).name);
        img = imread(imgPath); % 读取图片

        % 对图片进行预测
        prediction = classify(net, img); % 假设 net 是你加载的预训练模型

        % 根据预测结果创建子文件夹名
        destFolderName = fullfile(targetFolder, char(prediction)); % 将预测结果转换为文件夹名

        % 移动图片到目标文件夹
        copyfile(imgPath, destFolderName);
    end
end

disp('图片分类和移动完成。');

```

## 代码清单 8 问题 2 判别结果解读

```

clc;
clear;
%% 统计每个运动被判别结果
% 初始化一个12行30列的零矩阵，用来存储频次
%% 注意更新存储矩阵
% 第一位代表总共12种运动，第二维表示有多少次运动
frequency_matrix = zeros(12, 12); % 此处12次，因为存在表格合并60/5=12
%%

% 遍历文件夹a1到a12
for i = 1:12
    folder_name = sprintf('a%d', i);
    folder_path = fullfile('E:\semester\1.3\MM\071802449k5j\附件3\dataprocessing3\shuchu\1\Person13', folder_name);

    % 遍历文件夹中的PNG图片文件
    files = dir(fullfile(folder_path, '*.png'));
    for j = 1:numel(files)
        filename = files(j).name;

        % 解析文件名，假设文件名格式为SYxxxxx.png
        if length(filename) == 11
            third_digit = str2double(filename(3));
            fourth_digit = str2double(filename(4));

```

```

    % 检查第三第四位数字是否在1-12范围内
    if third_digit >= 0 && third_digit <= 1 && fourth_digit >= 0 && fourth_digit <=
9
        index = (third_digit) * 10 + fourth_digit;
        frequency_matrix(i, index) = frequency_matrix(i, index) + 1;
    end
end
end
end

% 找出每列最大值及其所在的行索引
[max_values, max_row_indices] = max(frequency_matrix);

% 在矩阵下方添加一行，显示每列最大值所在的行索引
extended_matrix = [frequency_matrix; max_row_indices];

% 导出到Excel表格
output_folder = 'E:\semester\1.3\MM\071802449k5j\附件3\dataprocessing3\shuchu\1\Person13'; % 修
改为你希望保存的目录路径
output_filename = fullfile(output_folder, 'frequency_matrixfp13.xlsx');
% 将 extended_matrix 导出到 Excel 文件
writematrix(extended_matrix, output_filename);

disp(['Frequency matrix and extension exported to ' output_filename]);

```

### 代码清单 9 问题 3 波形图特征值提取

```

import pandas as pd
import openpyxl
def calculate_statistics(file_list):
    statistics = []
    for file in file_list:
        df = pd.read_excel(file)
        stats = df.describe().loc[['mean', 'max', 'min', 'std']].T
        statistics.append(stats)
    return statistics

def process_folder(folder_path, output_file):
    # Get all Excel files in the folder
    files = [os.path.join(folder_path, f) for f in os.listdir(folder_path) if f.endswith('.xlsx')]
    files.sort()

    with open(output_file, 'w') as f:
        for i in range(0, len(files), 5):
            file_group = files[i:i+5]
            group_statistics = calculate_statistics(file_group)
            f.write(f'Group {i//5 + 1} Statistics:\n')
            for stat in group_statistics:
                f.write(stat.to_string())
                f.write("\n\n")
            f.write("\n")

if __name__ == "__main__":
    folder_path = "
    output_file = "
    process_folder(folder_path, output_file)

```

### 代码清单 10 问题 3 信号图生成

```
% 读取Excel文件
data = readtable('xlsx'); % 请将此路径替换为你的Excel文件路径

% 获取列名
columnNames = data.Properties.VariableNames;

% 确定数据行数
numRows = height(data);

% 绘制每一列的数据分布情况，并进行去噪和平滑处理
for i = 1:width(data)
    % 原始数据
    original_signal = data{:, i};

    % 使用平滑滤波器对数据进行平滑处理
    smoothed_signal = smooth(original_signal, 0.1, 'rloess'); % 使用rloess方法进行平滑

    % 使用高斯滤波器进行去噪处理
    window_size = 5; % 窗口大小
    gaussian_filter = gausswin(window_size);
    gaussian_filter = gaussian_filter / sum(gaussian_filter); % 归一化滤波器
    denoised_signal = conv(smoothed_signal, gaussian_filter, 'same');

    % 绘制去噪和平滑后的信号
    figure;
    plot(1:numRows, denoised_signal);
    xlabel('行数');
    ylabel('值');
    title(['去噪和平滑后的信号 - 列: ', columnNames{i}]);
    saveas(gcf, ['Smoothed Column ', num2str(i), '.png']);
end
```