

基于皮层脑电信号的肢体运动辨识技术赛项参赛说明

本赛题基于猪运动区 ECoG 皮层信号，开发肢体运动辨识算法，旨在推进半侵入式脑机接口技术的数据应用。

一、实验说明

本赛题猪在跑台变速被动运动，通过 32 通道半侵入式脑电采集系统采集猪左侧运动皮层 ECoG 信号，通过软时统方式，结合动作捕捉系统同步采集猪右侧前后肢 8 通道关节运动信号，依次为前肢的肩关节 (Sho) 、肘关节 (Elb) 、腕关节 (Wri) 、掌指关节 (Mcp) ，后肢的髋关节 (Hip) 、膝关节 (Kne) 、踝关节 (Ank) 、跖指关节 (Mtp) ，形成脑电和矢状面关节角度相关联的专用数据集。实验流程如图 1 所示。

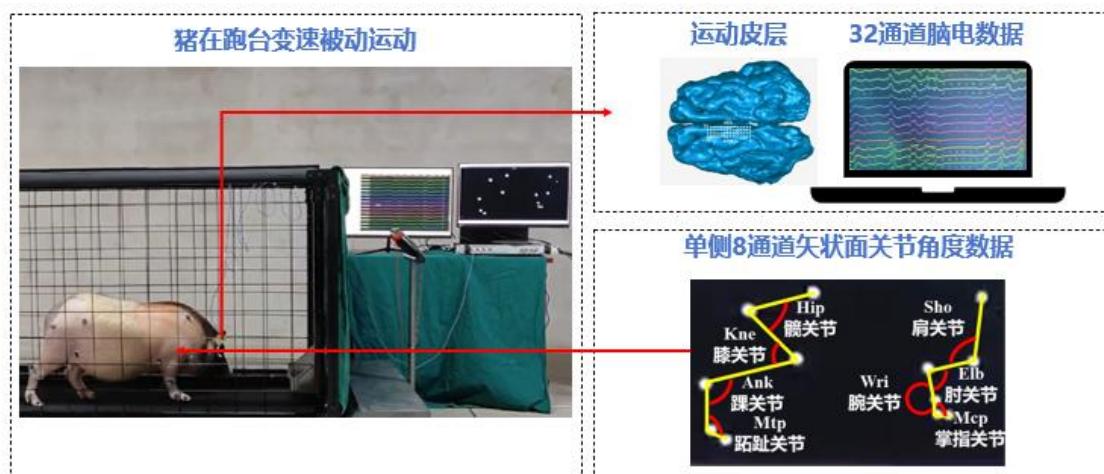


图 1 实验流程

二、数据说明

本赛题脑电数据采样率为 1kHz，未做降采样或其他滤波处理，关节角度数据采样率为 200Hz。脑电数据的导联排布规则如图 2 所示，覆盖猪运动脑区，面积 5mm*15mm，1-32 通道，命名为 ch1-ch32，脑电参考点为颅骨。

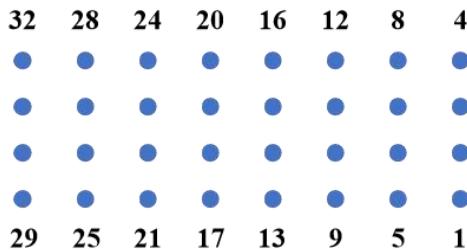


图 2 脑电导联排布规则

三、赛题任务

3.1 比赛形式——初赛决赛均线上比赛，决赛线下颁奖

3.2 赛题介绍

(1) 考察跨被试关节运动角度解算能力

猪在跑台被动运动，包含匀速状态、变速状态和静止状态，不提供速度变化信息，由选手根据关节角度变化情况自行判断，通过脑电信号解算 8 个关节的角度值。训练集数据为一号猪 3 小时数据和二、三号猪各 5 分钟的校准数据，比赛测试集为二、三号猪各半小时，共 1 小时的数据，考察算法跨被试迁移能力。

(2) 考察少导联解算能力

在导联选择方面，选手提交 24 导联训练模型，选手可以自主选择拟用的二、三号猪各 24 个导联的序号，导联配置由算法端在比赛开始前提交至赛题端，赛题端根据选手选定的序号，发送对应导联的数据给算法端解算。

表 1 数据集及用途说明

数据集	来源与内容	用途说明
训练集	1 号猪，32 导联脑电信号，总时长 3 小时	供选手训练模型
	包含关节角度真实值标签	
校准集	2 号、3 号猪各提供 5 分钟数据	供选手校准模型与导

	静息态 2.5 分钟+匀速运动态 2.5 分钟	联选择
测试集	包含 2 号、3 号猪共 1 小时数据	最终评估少导联模型 跨被试迁移能力, 选手 需输出 8 个关节角度 预测值
	仅提供算法端选择的 24 导联脑电信号	

3.3 评分规则

以关节角度的真实值与解算值形成的两条轨迹的误差项 (NRMSE) 和相关性项 pearson 相关系数 (CORR) 作为评分标准, 权重各占 50%, 总分 100 分。依据总分进行排名, 排名前 10, 并且总分 > 60 分的队伍进入决赛。计算步骤如下:

(1) 计算一个试次的归一化误差项, 每个关节角度分别计算误差项后对 8 个关节轨迹的误差项求平均记为这一试次的归一化均方根误差。x=真实值, y=解算值, i=采样点。

$$\text{NRMSE} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 / n}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

$$\text{NRMSE}_{\text{trial}} = \frac{1}{8} \left(\frac{n_{sho} + n_{elb} + n_{mcp} + n_{wri} +}{n_{hip} + n_{kne} + n_{ank} + n_{mtp}} \right)$$

(2) 计算一个试次的相关系数 CORR, 每个关节角度分别计算相关系数后对 8 个关节轨迹的相关系数求平均记为这一试次的相关系数。

$$\text{CORR} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)(y_i - \bar{y}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}}$$

$$\text{CORR}_{\text{trial}} = \frac{1}{8} \left(\frac{r_{sho} + r_{elb} + r_{mcp} + r_{wri} +}{r_{hip} + r_{kne} + r_{ank} + r_{mtp}} \right)$$

(3) 计算总分排名, 以一个试次为例, 一个 block 即为试次总分的平均值。

$$\text{Score}_{\text{trial}} = (1 - \text{NRMSE}_{\text{trial}}) \times 50 + \text{CORR}_{\text{trial}} \times 50$$

四、提交内容

入围决赛的队伍需提交如下内容：

- 1) 本赛题程序使用 python 语言编写, 需提交基于 python 3.10.10 版本的扩展名为.py 的文件, 包括算法源代码及代码注释, 交接代码时需进行源码复核。
- 2) 算法报告 word 版, 包含**方法介绍和使用说明**两部分, **算法报告完整性影响最终排名。**

方法介绍 (举例如下) :

- (1) 传统机器学习方法
 1. 方法介绍, 包括: 提取特征的类型 (如: 功率谱密度、均值方差等时域统计量、共空间模式等空域特征等) 、计算步骤 (含公式) 、回归算法 (如: 多元线性回归、支持向量机回归算法、随机森林等集成回归算法) 、算法的参数 (如: SVM 的惩罚系数等)
 2. 实验设置, 包括: 训练参数设置 (如: XGBoost 的学习率等) 、验证集的比例 (如有)

- (2) 深度学习方法
 1. 方法介绍: 网络的具体说明, 包括网络的结构总览图、网络各个层的类型 (如: 卷积层或池化层等) 参数设置 (如: 卷积核个数和尺寸等) ;
 2. 实验设置, 包括: 优化器类型、优化器参数 (如: 学习率、动量等) 、损失函数类型 (如: 均方误差等) 、批大小、验证集的比例 (如有) 、训练策略 (如: 早停机制、保存最优权重等)

使用说明:

1. 运行代码所需的库以及安装命令 (如: 需安装 mne, 命令为 pip install mne)
2. 运行代码的命令 (如: 假设代码名字为 test.py, 通过命令行输入命令 python test.py 运行) 以及是否需要额外命令行参数 (如有)
3. 项目结构

五、奖项说明

决赛依据总分进行排名, 发放奖状奖励, 若获奖算法得分高于 60 分, 获得奖金奖励。

表 2 奖金设置 (税前金额)

获奖	数量	奖金 (税前)
特等奖	1	15000
一等奖	2	10000
二等奖	3	5000
三等奖	6	无