

# 基于感觉肌肉电刺激提示的上肢运动想象分类技术与系统赛项参赛说明

## 一、赛题说明：

运动想象脑机接口和运动执行相关神经解码是脑机接口与神经工程领域的重要研究方向，在神经康复、智能控制和人机交互等场景中具有广泛应用价值。通过对脑电等神经生理信号进行分析，可识别受试者的运动状态或运动意图，为主动康复训练、功能重建和闭环控制提供技术支撑。尤其在上肢任务中，不同运动状态的准确分类对于精细控制和康复评估具有重要意义。

传统上肢运动任务多依赖视觉或听觉提示，但此类方式容易受到注意力波动、任务执行一致性不足及个体差异等因素影响，导致神经信号特征稳定性和分类性能受限。相比之下，感觉级肌肉电刺激（Sensory-level Muscle Electrical Stimulation, SMES）能够在不引发明显肢体运动的前提下提供外周感觉输入，从而增强受试者对目标肢体的注意聚焦，并为后续任务建立更一致的感觉—运动准备状态。

本赛题采用“3 秒 SMES 提示 + 4 秒任务阶段”的实验范式。前 3 秒为 SMES 提示阶段，通过对目标上肢相关肌群施加感觉级电刺激，为受试者提供任务相关的感觉线索；后 4 秒为任务阶段，受试者完成相应的运动想象（Motor Imagery, MI）或运动执行（Motor Execution, ME）。需要说明的是，参赛选手仅可使用后 4 秒任务阶段的数据进行分类。因此，SMES 在本赛题中的作用主要体现在任务引导与状态调制，即通过提示阶段增强受试者在后续任务阶段中的感觉—运动神经表征一致性，而非直接作为分类信号来源。参赛者需针对 4 秒任务数据，提取具有判别性的时域、频域及时空特征，构建准确、鲁棒并具有良好泛化能力的分类模型。

本赛题兼具研究价值与应用意义。一方面，可用于探索 SMES 提示对后续运动相关脑活动的调制作用，以及运动想象与运动执行条件下神经表征的差异特征；另一方面，也可为卒中后上肢康复、假肢与外骨骼控制及闭环神经调控等应用提供技术参考。通过本赛题，期望推动感觉提示辅助脑机接口方法的发展，促进其在康复医疗与智能交互中的应用落地。

## 二、参赛资格：

1、参赛选手可自由组队，不限背景，但每人限参与一支团队，每支队伍人数不大于 6 人。

2、团队成员需提前注册并满 18 周岁，在注册时须提供详细的团队信息，包括指导教师、成员姓名、联系方式、学术/职业背景等。

## 三、赛题范式：

本实验数据由NeuroScan系统和64导联电极脑电帽采集, 采样频率为1000Hz。如图1所示，本实验包含：视频引导的运动想象VMI和运动执行VME两种实验条件，每种实验条件中，预先施加可控电刺激提示并采用视觉诱发的左/右手伸臂抓握，静息三类，实验目的为单侧肢体运动想象/运动执行与静息之间分类，实验中的受试者均为健康被试。

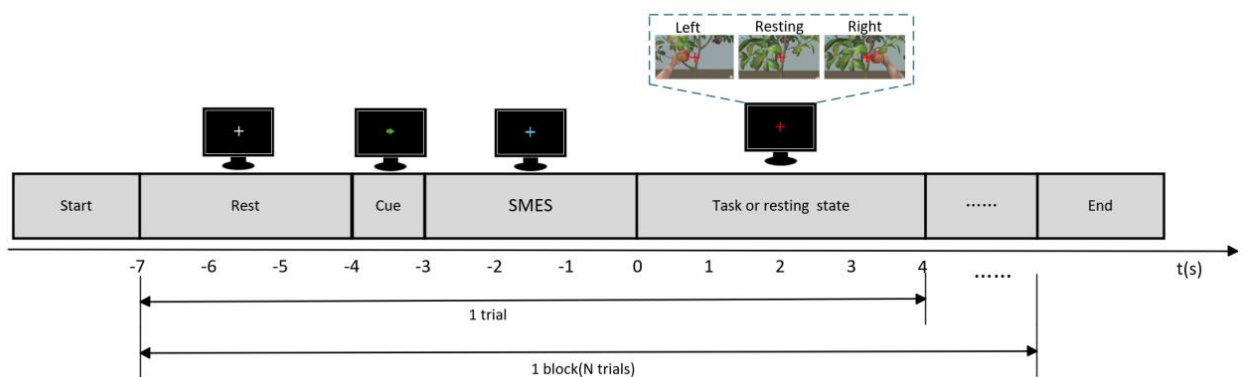


图 1 实验分类范式

实验中共包含两组（session），session采集时间间隔小于7天，每组数据包含4个runs，运动想象和运动执行各2个runs，采集过程中交替执行，其中每个runs之间有一定的休息时间。

实验中，SMES电刺激用于提示运动想象/运动执行方向，刺激顺序为先上臂电刺激1秒，之后同时刺激上臂和小臂2秒。实验开始前，**受试者按照刚能感受到刺激为标准**，对SMES刺激强度进行自适应校准。

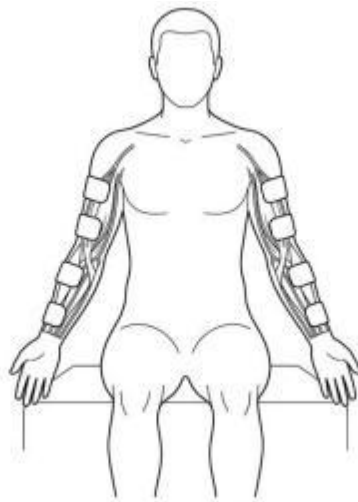


图 2 SMES刺激位置

每个runs中包含30个trials，每个trial中以随机顺序进行左/右伸臂抓握，静息3种条件，以下为每个trial的详细内容：

每个runs中开始标任务标签（trigger）分别为左手伸臂抓握：1，右手伸臂抓握：2，静息：3。

(1) 静息状态（-7s - -4s），屏幕呈现白色凝视点与倒计时提示，引导受试者进入放松状态，为后续任务做好准备。

(2) 任务提示cue（-4s - 3s），屏幕显示方向性指令箭头（如：←/→/↓），明确指示受试者执行左手运动、右手运动或保持静息的意图。

(3) SMES电刺激提示期(-3s - 0s)，屏幕显示蓝色注释点，并基于受试者对应任务的相关肌肉群依据顺序进行上臂和全臂微弱电刺激，受试者关注视觉注释点感受肢体刺激。

(4) 任务执行期 (0s - 4s)，屏幕显示红色注视点及任务动画，受试者在此期间执行相应的运动想象，运动执行任务，参赛选手只能获取这段时间的脑电数据。

具体 trigger 标签定义如表 1和表2 所示。

标签	1	2	3
含义	左手想象/运动	右手想象/运动	静息

表 1 trial标签信息

标签	101	241	242	243
含义	Trial开始	Trial结束	Block开始	Block结束

表 2 trial掩码标签信息

### 三、算法规范

本赛项旨在评估算法在跨被试场景下的运动想象解码能力。参赛算法需在给定训练被试数据上进行训练，并对未见过的测试被试数据进行域泛化（Domain Generalization）或少量样本适应（Few-shot）分类算法，所使用通道数量小于等于8个，出题方将提供运动想象和运动执行的脑电数据，按照两种实验条件综合评分，取其平均结果作为最终得分。

## 五、赛题流程：

整个比赛分为初赛和决赛两个阶段，初赛采用线上形式，决赛采用线下形式。

### 1. 初赛流程

1) 出题方统一向参赛队伍提供11名被试的运动想象和主动执行离线数据、对应的数据说明文档和基准结果，用于参赛队伍开展算法研发与验证，不可使用非开源数据进行算法的训练和校准。

**初赛公开数据下载：链接**

：<https://pan.baidu.com/s/1fs5pYny10of3WFqv7aJGig> 提取码：bim8

2) 参赛队伍须基于所提供的脑电数据设计算法，完成运动意图分类算法。参赛队伍需在规定时间内分别提交运动想象和主动执行算法代码，代码须具备可复现性并能独立运行于主办方提供的测试环境。

3) 参赛队伍须按照初赛技术文档模板提供算法说明。

4) 单试次窗口长度 $\leq 4$ 秒，单试次推理时间 $\leq 1$ 秒。

5) 出题方将基于3名保密被试测试集对各队初赛算法进行评估，依据分类准确率、通道数量、校准时长、预测延迟、稳定性、模型大小等指标计分，每支参赛队伍最多可提交三次算法及结果文件，出题方以成功运行并完成评测的结果为准，并在每次提交后反馈对应成绩并更新排行榜；提交内容会后台进行审核以避免刷榜现象。

6) 根据初赛综合评测结果，择优选拔部分队伍进入决赛。初赛成绩仅作为决赛入围依据，不计入最终比赛排名。

7) 初赛结束后，3名保密被试测试集可用于后续决赛阶段算法的训练与验证。

8) 参赛队伍可自愿提交一段脑机接口康复应用相关的视频作为初赛加分项。

视频内容可围绕参赛算法在康复训练中的潜在应用场景进行展示，包括但不限于运动康复训练辅助、脑控触发功能电刺激、康复反馈机制设计等方向。

9) 初赛成绩仅决定入围资格，与决赛成绩无关。

### 2. 决赛流程：

1) 各参赛队伍可依据初赛发布的数据继续调整算法性能。

- 2) 决赛得分将由算法评测结果和现场答辩环节综合得出。
- 3) 各参赛队伍按抽签顺序准备答辩环节讲解算法原理、创新点和离线验证结果。
- 4) 出题方将基于5名保密被试测试集对各队决赛算法进行现场评估，评分标准与初赛一致。每支参赛队伍须在30分钟内在提供设备上完成环境调试和部署，出题方并行运行各赛队算法，并给出得分，以成功运行并完成评测的结果为算法评测结果。

## 五、数据说明：

- 1) 比赛阶段由出题方统一提供脑电数据，用于参赛队伍进行算法开发、调试与评测。数据来源于Neuroscan SynAmps 2脑电采集放大器，数据格式及接口规范由主办方统一说明。

电极区域	导联名称
额极区 (Fp)	Fp1, Fpz, Fp2
额区前部 (AF)	AF3, AF4
额区 (F)	F7, F5, F3, F1, FZ, F2, F4, F6, F8
额中央区 (FC)	FC5, FC3, FC1, FCZ, FC2, FC4, FC6
中央区 (C)	C5, C3, C1, CZ, C2, C4, C6
额颞区 (FT)	FT7, FT8
颞区 (T)	T7, T8
颞顶区 (TP)	TP7, TP8
中央顶区 (CP)	CP5, CP3, CP1, CPZ, CP2, CP4, CP6
顶区 (P)	P7, P5, P3, P1, PZ, P2, P4, P6, P8,
顶枕区 (PO)	PO7, PO5, PO3, POZ, PO4, PO6, PO8,
枕区 (O)	CB1, O1, OZ, O2, CB2
乳突电极 (M)	M1, M2

表 3 电极区域-导联名称

- 2) 提供的数据包含上述范式下采集的运动想象和运动执行采集脑电信号片段。初赛提供的数据仅包含数据集的其中一部分被试，另采用部分被试分别作为初赛和决赛跨被试验证评测。

3) 比赛数据中包含用于算法训练与验证的参考信息，参赛队伍需基于这些数据设计算法并验证。

4) 比赛评测阶段，出题方将使用额外被试统一的测试数据和测试环境对参赛算法进行跨被试评估。

5) 比赛数据仅用于本赛项算法开发与评测，不得用于其他用途。参赛队伍需遵守数据使用与保密相关规定，未经允许不得对外传播或公开数据内容。

## 六、评分标准：

### 1、初赛

初赛成绩根据各参赛队伍提交的算法分类结果和技术文档进行评测，并结合加分项进行综合评判，择优筛选不超过**17支队伍**入围决赛。初赛以算法准确性和鲁棒性评测为主。初赛过程出题方将基于3名保密被试测试集对各队初赛算法进行评估，依据分类准确率、通道数量、校准时长、预测延迟、稳定性、模型大小等指标计分，最多可提交三次算法（以成功运行为一次），取最高分为初赛成绩。

参与评分的算法须满足以下条件：

1. 使用通道数量小于等于8。
2. 单试次窗口长度 $\leq 4$ 秒，单试次推理时间（特征提取+分类） $\leq 1$ 秒。
3. 校准trial数量（每类）小于10。
4. 模型文件（权重、字典等）大小不得超过150 MB。
5. 不可使用非开源数据进行算法的训练和校准。
6. 若模型最终得分小于基准模型分数，则得分为0分。

初赛提交算法将后台进行人工审核，恶意刷榜将取消成绩。

评分项	评分标准	分数	备注
模型性能	算法针对测试被试的平均准确率 $S_{per} = 80 \times \max\left(0, \frac{\mu - \lambda \times \sigma}{100}\right)$ $\mu$ : 平均准确率 (%)。 $\sigma$ : trial标准差 (%)。 $\lambda$ : 稳定性惩罚因子, $\lambda = 0.5$ 。	满分80	
通道数量	$S_{channel} = 8 \times \max\left(0, \frac{8 - C}{7}\right)$ $C$ : 使用通道数量。	满分8	使用电极越少, 得分越高, 最多不得超过8个电极
校准trial数量 (每类)	$S_{cal} = 7 \times \left(\max\left(0, 1 - \frac{N_{cal}}{10}\right)\right)$	满分7	校准 trial 数量越少, 得分越高, 最多不得超过每类 10 个 trial。
推理时间	$S_{time} = 2 \times \left(\max\left(0, 1 - \frac{T}{1000}\right)\right)$ $T$ : 推理平均所用时间(单位: 毫秒)。	满分2	推理时间越短, 得分越高
模型复杂度	$S_{size} = 3 \times \max\left(0, 1 - \frac{M}{150}\right)$ $M$ : 模型及其依赖参数的磁盘存储大小 (单位: MB)。	满分3	模型文件越小, 得分越高
技术文档	技术文档综合评价	扣分项	未提交技术文档将扣除5分

表4 初赛单一赛项计分标准

两种实验类型运动想象和运动执行, 每种实验条件均按以上计分标准进行计分, 最终取平均得分作为初赛得分。

## 2、决赛评分方式

决赛阶段采用算法评测得分和现场答辩得分进行综合评分, 答辩评分依据为参赛队伍在算法的理论性、创新性和实用性由不少于三名专家打分获得。

评分项	计分项	评分标准	分数	备注
技术得分	决赛技术分	与初赛标准相同，最终得分x0.8得到	满分80	初赛得分不影响决赛得分
现场答辩得分	理论性	能够清晰解释算法的逻辑和理论依据。	满分10	具有可解释性将适当加分
	创新与应用	算法架构的创新性及在实际系统中部署的可行性。	满分10	原创算法适当加分

表5 决赛计分标准

决赛技术得分和初赛标准相同，出题方将基于5名保密被试测试集对各队决赛算法进行现场评估，评分标准与初赛一致。每支参赛队伍须在30分钟内提供设备上完成环境调试和部署，出题方并行运行各赛队算法，并给出得分，以成功运行并完成评测的结果为算法评测结果。

决赛如出现因现场、设备等原因出现重赛，以出题方现场重新运行结果为准。

优胜者需要进行代码审查，以避免同一算法不同参数多次提交的场景，审查期限为两个月之内。

## 七、赛题框架说明：

数据流采用模拟在线的方式提供，初赛每1秒间隔发送，决赛中每1.3秒发送1个trial长度数据，trial之间的顺序将被随机打乱。请注意，某些被试数据中的电极可能存在脱落、串联等现象。

参赛队伍提交的代码、模型权重、统计量等必须位于model\_artifacts文件夹下，不允许使用软链接、junction、快捷方式将指定模型目录指向目录外部，不允许通过指定模型目录之外的隐藏参数参与在线推理，不允许依赖在线下载的模型文件参与比赛，具体可参考工程示例，以下为简要说明：

参赛选手主要修改算法类AlgorithmImplement，该类需要继承自比赛提供的基类，该类需严格遵循以下功能模块的逻辑定义，系统将通过实例化该类，依次调用相应方法来完成自动化评测，允许针对不同任务使用不同模型。

初始化和模型加载 `__init__`：本方法将在系统启动时被调用，用于加载算法的预训练模型和配置参数等，申请校准参数和通道参数等。

校准阶段 `calibrate`：每个 `session`、每个类别先固定保留前 10 个 `trial` 作为 `calibration` 候选池再根据算法申请值决定真正发送的数量，进行模型的校准步骤（如需），校准完成后，返回校准结束。注意，即使不需要校准，也不要删除该阶段。

预测阶段 `predict`：根据提供的测试被试数据，**逐试次进行预测**，输入的将是通道数  $x$  样本点的脑电数据，选手需自行编写代码完成预处理和预测操作，返回预测结果 `predict_label`，返回标签为0或1，其中0代表静息，1代表动作，如左手或者右手。在指定时间后，框架将发送下一个试次数据。

初赛和决赛代码中的分发逻辑存在不同，初赛中采用的是选手提交算法，在裁判机本地进行校验；决赛中采用的是现场由裁判机统一分发数据，选手机收到数据并汇报算法结果，裁判机收集结果进行校验的方式，决赛架构可参考图3。

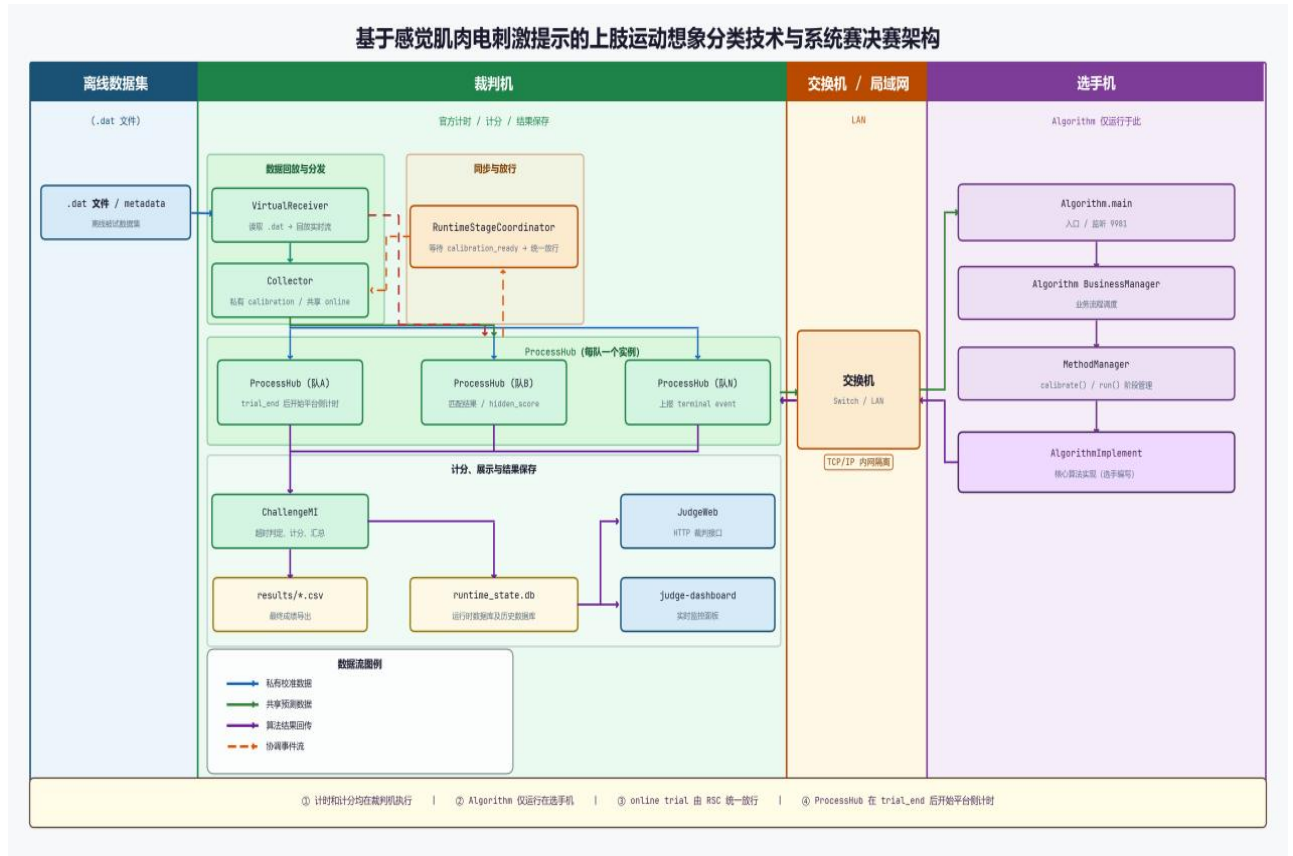


图 3 决赛架构示意图

可参考提供的基线代码进行修改和本地测试。

## 八、奖项设置：

特等奖1个：20,000元；获奖证书。

一等奖1个：10,000元；获奖证书。

二等奖3个：5,000元；获奖证书。

三等奖5个：1,000元；获奖证书。

优秀组织奖（若干）：奖金总额10,000元。获奖证书。

注：以上奖金金额均为税前金额。

## 九、赛项联系人：

联系人：孙忆晴

联系方式：18611490861

联系邮箱：sunyiqing@eastctn.com；

## 十、赛项技术支持单位：

北京脑连科技有限公司

**BRYNLINC**