

# 一种基于稀疏区分性分析的驾驶分心检测系统

## 发明背景：

驾驶员在行车过程中因受到各种因素的干扰导致注意力不集中是世界各国普遍存在的问题。美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）在真实的道路驾驶研究中发现 78% 的碰撞和 65% 的临界碰撞都与驾驶员注意力不集中有关。根据我国交警部门的研究统计，仅驾车时使用手机所导致的交通事故发生率已经与酒后驾车相接近。考虑到驾车时使用手机只是驾驶员分心的一种（其它形式的分心包括驾车时与乘客聊天、进食、操作辅助设备如车载导航仪、查看仪表盘、做白日梦等），驾驶员分心已经成为威胁道路交通安全的重大隐患。

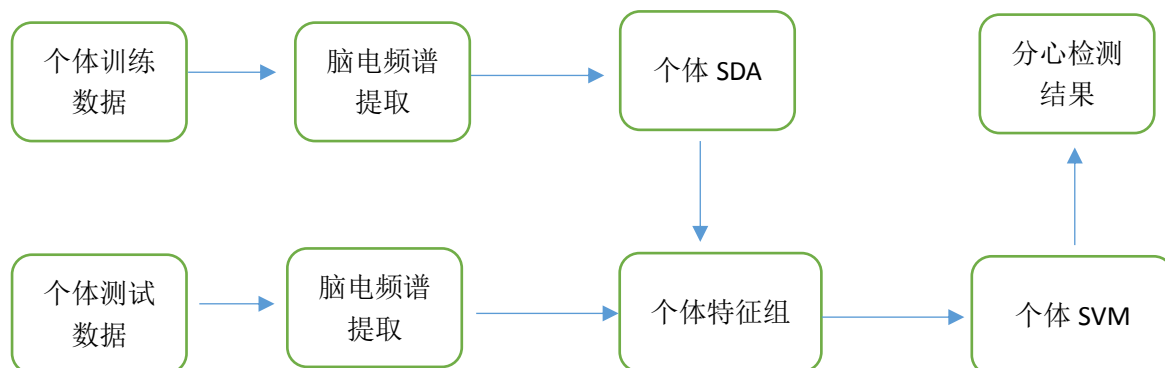
传统分心检测方法多基于眼动或驾驶行为数据，这些方法对显著的分心行为比较有效，但驾驶员分心一般是一种心理特征，往往在显著行为发生之前就已经存在了。为检测这一隐性驾驶分心现象，研究者提出基于脑电信号的分心检测方法。现有脑电信号分心检测方法多基于心理学研究提取有效特征，但这种基于知识的方法得到的特征往往并不适合特别个体。本发明提出一种基于个体特征提取的分心检测方法，利用稀疏性区分分析从原始脑电信号的频谱中提取有效特征，得到非常好的检测效果。

## 发明关键点

1. 将**原始脑电信号**进行频谱转换，通过 **SDA 或其它机器学习**方法提取有效特征，进行分心检测。
2. 对每个个体进行**独立分析**，得到适合个体的有效区分性特征

## 发明内容：

## 1. 系统框架



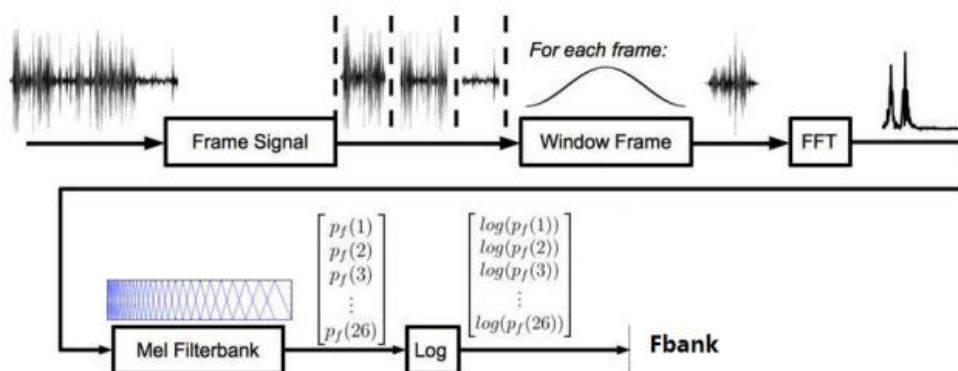
该系统分为训练和检测两个步骤：

训练阶段：提取用户分心和正常时的脑电信号，通过频谱分析，得到脑电频谱特征；通过个体 SDA，分析个体有效的特征组，并基于该特征组建立区分性模型，如支持向量机（SVM）模型。

检测阶段：提取用户脑电信号，通过频谱分析，得到脑电频谱特征；通过训练阶段得到的有效特征组，提取有效特征，通过区分性模型，对脑电信号每一帧进行检验，得到帧级别的检验分值。用一个滑动窗口累积该检验分值，当该分值达到某一阈值后，检测到分心现象。

## 2. 频谱特征提取

频谱特征可用短时傅立叶分析得到，但这一频谱维度高，容易产生过拟合，同时容易受到噪音影响。本发明采用 Mel Fbank 作为频谱特征，该特征提取过程如下：首先对脑电信号进行分帧并加窗，窗长为 1 秒，再通过傅立叶分析得到原始频谱，再经过一组 Mel 滤波器，得到 Mel 能量谱，取对数后得到 Mel Fbank。如下图所示。



### 3. SDA 区分性分析

稀疏区分性分析 (SDA) 的目的是从一系列特征中得到最有效的特征, 使得得到的特征对区分性任务的区分性最高。具体而言, 我们希望找到一组区分性向量  $\{\beta_k\}$ , 使其满足如下优化目标:

$$\begin{aligned} \max_{\beta_k} \quad & \beta_k^T \Sigma_b \beta_k - r \|\beta_k\|_1 \\ \text{s.t.} \quad & \beta_k^T (\Sigma_w + \Omega) \beta_k = 1, \beta_k^T (\Sigma_w + \Omega) \beta_l = 0 \quad \forall l < k \end{aligned}$$

其中  $\Sigma_b$  为分类任务中特征向量 (Fbank) 的类间协方差,  $\Sigma_w$  为类内协方差,  $\Omega$  为一个满秩小量矩阵。上式通过引入  $\beta_k$  的一阶规范  $\|\beta_k\|_1$ , 因而在优化时  $\beta_k$  中非显著元素将被置零, 从而得到一个稀疏的向量  $\beta_k$ 。对于本发明中的二分类任务 (分心或正常), 我们只需找到一个这样的稀疏向量, 该向量所对应的非零元素即为 SDA 选择得到的有效特征。

## 发明优势

1. 用原始脑电信号进行特征提取, 可得到保留更细节的区分性信息
2. 对每个个体进行特别提取, 可有效提高检测精度