

# 一种基于 Boosting 的可用于脑机接口的 P300 检测方法

电自 091(10094309) 王 翔

**摘 要：** Gradient boosting 是一种基于许多弱分类器来建立一个强分类器的机器学习算法。本文主要阐述了一种建立在 gradient boosting 之上的, 用于检测脑电图(EEG)中的事件相关电位(ERP)的算法。该算法通过检测人类脑电图中的 P300 电位来建立一种脑机接口(BCI)<sup>1</sup>, 一个拼写装置。本文所述方法的重要特性在于其分类的准确性及其概念的简单性。本算法经过一组由本实验室记录的数据集以及一组 2003 年 BCI 竞赛中所用到的测试数据集的测试。P300 拼写范式实验中的准确率在 90% 到 100% 之间。值得注意的是, 本算法完全正确地完成了所有出自 BCI 竞赛测试数据集的字符推断任务。  
**关键词：** Boosting, 脑机接口, 脑电图, P300, 最小二乘法

## 1 导论

P300 是一种人类脑电图中的特征波形, 一般作为对小概率刺激事件的响应出现。经典的 Oddball 范式实验常常用来诱发 P300: 呈现给被试的是随机顺序的两类刺激, 其中一类刺激为小概率事件, 被试则被要求判断刺激属于哪一类。

L.A.Farwell 和 E.Donchin 曾首创性地用 Oddball 范式实验来建立脑机接口。他们所用的方法中, 呈现给用户的是一个装有字符的 6x6 的矩阵, 该矩阵的行和列会按照随机顺序点亮。被试可以通过计数目标字符的点亮此书来从矩阵中选择一个字符。目标字符每点亮一次, 就诱发一个 P300 波形, 该波形可以通过适当的算法检测到。

本文阐述了一种简单却强大的方法来从脑电图中检测 P300, 并用该方法来建立一个基于 P300 的拼写装置。我们使用了 gradient boosting 和最小二乘法相结合的方式建立 P300 检测器。

Gradient boosting 和最小二乘法的组合是一种有意思的检测 P300 的方法, 因为这对组合有如下特性:

- 该算法通过一种朴素的方式建立线性分类规则, 因此将分类器套用到新的数据上只需要少量操作, 且可以实时地对 EEG 进行分类操作。此外, 分类规则也很非常易于理解, 也就是说, 从分类规则可以很容易地看出哪些样本和哪些通道对于检测 P300 比较重要。
- 在分类准确度上, 本文所所述方法和当前最先进的方法相比效果更为显著。以 2003 年 BCI 竞赛的测试数据为例, gradient boosting 略优于优胜方案。
- 复杂的优化算法, 例如支持向量机或者独立组件分析方法, 对本文所述方法而言都不是必需的。因此本算法具有易于实现、使用和扩展的特性。

---

<sup>1</sup>也有翻译为“自发电位”的

本文余下部分的主要安排如下：第二节主要阐述本实验所使用的实验范式、被试和数据处理；第三节主要阐述 boosting 算法；第四节则主要阐述分类器的输出是如何用于推断被试选择的字符的；实验结果呈现在第五节；第六节对全文做了总结。

## 2 被试和方法

### 2.1 被试

一位 19 年前颈椎受过损伤<sup>2</sup>的男性被试(被试 S1)和一位健康的男性被试(被试 S2)参与了实验。两位被试分别在 36 岁和 28 岁有过 BCI 验的经历。

### 2.2 实验范式

$$s_1, s_2 = -\frac{B}{2G} \sqrt{\left(\frac{B}{2G}\right)^2 - \frac{B}{C}} \quad (1)$$

---

<sup>2</sup>原文为 complete cervical spinal cord injury。