

一种利用 K -SVM 的测谎新算法

荣凤娟, 艾玲梅

(陕西师范大学 计算机科学学院, 陕西 西安 710119)

摘要:文中将支持向量机(SVM)和 K 近邻算法(KNN)相结合,提出一种基于 K -SVM 分类器的心理意识真实性识别新方法,获得了满意的结果。对 15 名受试者分别进行两组测试:模拟犯罪组和自传信息组。提取多通道 ERP 的 P300 幅值、波形面积和峰峰值组成特征向量,利用 K -SVM 算法分类,获得平均识别率分别为 92.11% 和 97.37%,两组实验中分类精度都比单纯的 SVM 分类算法有明显的提高。因此文中的新算法可以为心理意识真实性检测提供一定的参考。

关键词:测谎; K -SVM;事件相关电位;P300;真实性识别

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)01-0057-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.01.013

A New Lie Detection Algorithm Based on K -SVM

RONG Feng-juan, AI Ling-mei

(College of Computer Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China)

Abstract: K -SVM classification algorithm, combined SVM with KNN, which is adopted to identify mentality facticity, and the result is satisfactory. 15 subjects are tested respectively in mock-crime group and biographical information group. The multi-channel ERP P300 amplitude and P300 waveform area and peak to peak are used as the feature parameters and a K -SVM algorithm is applied to identify mentality facticity with the average accuracy rates are 92.11% and 97.37% separately. The results of both experiments show that the accuracy of K -SVM classification algorithm is better than pure SVM classification algorithm. Therefore, the new algorithm can provide certain reference for identification of mentality facticity.

Key words: lie detection; K -SVM; ERP; P300; facticity identification

0 引言

20 世纪 80 年代,多导生理记录仪在测谎研究中一直占统治地位^[1-3]。近年来,随着人们对脑认知科学的进一步学习和掌握,事件相关电位(ERP)^[2-8]技术已成为现代测谎技术的重要手段。1987 年 Rosenfeld 通过让被试记住照片中人物的相貌和衣着特征^[2],并以此作为靶刺激,首次利用事件相关电位对其进行测谎,并获得实验上的成功。随后,杨文俊等^[2-3]通过实验进一步发现,无论受试者承认与否,对自己熟悉的图片,都可以引起明显的 P300 波^[2-9]。继而,廖四照等^[2-3]在杨文俊等研究的基础上发现,受试者心理因素会影响其准确率,即受试者注意力不集中时诱发的 P300 波会明显减小,测谎准确率降低。以上研究虽然都通过实验证实了 P300 用于测谎的可行性,但毕竟和现实案件有差距。后来,周亮等^[3]首次通过模拟

盗窃实验,同样对 P300 测谎给予了肯定。近年来,赵敏、郑崇勋等人^[5-7]也通过提取 P300 最大、最小幅值等数据特征,利用 SVM 分类器识别,分别得到 88.3% 和 91.39% 的正确识别率。由上述可知,P300 用于测谎在理论上已被肯定,并且研究者也分别从自传信息^[5-6]和模拟犯罪信息^[10-11]出发,进行了测谎研究。

目前,P300 作为测谎指标的方法较为成熟,但很多学者仅对 Fz、Cz、Pz 三个通道的 ERP 进行研究,单一的 P300 幅值作为特征参数,容易受噪声或反测谎行为的影响,并且常用的传统识别方法过于简单,正确识别率仅为 80%~93%,在实际应用中还有待提高。虽然实验证实,测谎研究中支持向量机^[12-14]的分类效果明显优于 BAD 分类法、BCD 分类法等传统分类算法,但用于现实测谎中,分类识别率仍需进一步提升。

考虑到自传信息和模拟犯罪实验中,探测刺激的细微差别,即前者探测刺激是被试非常熟悉和敏感的,

收稿日期:2014-02-10

修回日期:2014-05-14

网络出版时间:2014-11-17

基金项目:国家自然科学基金资助项目(11071278);中央高校基本科研业务费专项资金项目(GK201302026)

作者简介:荣凤娟(1988-),女,硕士研究生,研究方向为脑电信号处理;艾玲梅,博士,副教授,研究方向为生物医学信号处理。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20141117.2207.023.html>

如家乡名、被试姓名或生日等;而后者探测刺激是被偷走的物品,被试拥有更强烈的恐惧和欺骗意识。文中的研究从两种实验方案入手,利用新型分类器 $K-SVM$ ^[13-14] 对其进行识别,从而更进一步提高测谎过程中说谎者和诚实者的正确识别率,并对不同方案中探测刺激诱发的被试 ERP 数据是否不同进行探索。

1 $K-SVM$ 测谎算法简介

1.1 SVM 算法

支持向量机(Support Vector Machine, SVM)是通过非线性变换将输入空间变换到一个高维空间,使样本线性可分,然后在线性可分的情况下寻求最佳分类面,实现样本分类。

1.2 KNN 算法

KNN(K -Nearest-Neighbor)^[14]分类器的基本思想是:取待识别样本集中点 A ,计算点 A 与训练集中所有点之间的距离,找训练集中距点 A 最近的 k 个点,然后统计这 k 个点多数属于哪一类,则点 A 就属于该分类。

1.3 基于 $K-SVM$ 的测谎算法

虽然 SVM 的分类精度明显高于其他传统分类算法,但最优核函数及其参数的选择很难确定,并且发现 SVM 分类时错分样本多集中在分界面附近,且基本都是支持向量,由于 SVM 对每类支持向量只取一个样本点,有时该点并不能很好地代表该类信息,所以考虑将 KNN 分类算法引入 SVM 分类器,是因为 KNN 是将每类所有支持向量作为代表点,对待识别样本进行分类,从而提高了分类器的分类准确率。

具体思想如下:对于待识别样本 x ,分别计算 x 与两类支持向量代表点 x^+ 和 x^- 的距离,并求差,如果距离差大于给定的阈值 D ,即样本 x 离分界面较远,直接用 SVM 即可对其正确分类;否则, x 距离分界面较近,仅通过计算 x 与两类代表点的距离对其进行分类,容易错分,故此时采用 KNN 分类算法,将每一个支持向量作为代表点,计算样本 x 与每个支持向量的距离,从而对其做出判断。

$K-SVM$ 分类器用于测谎的具体步骤:

步骤 1 提取特征参数,然后随机选取 50% 的样本作为训练集,输入到 SVM 进行训练,找到拉格朗日乘子,常数 b 以及相应的支持向量集。

步骤 2 对于每一个待分样本 x ,计算公式

$$g(x) = \sum_{i=1}^n a_i y_i k(x, x_i) + b \quad (1)$$

其中, y_i 为第 i 个样本的标签,它等于 1 或者 -1; a_i 为拉格朗日乘子; $k(x, x_i)$ 为核函数,文中选用高斯核函数。

步骤 3 比较 $g(x)$ 与阈值 D 的大小,如果 $g(x) >$

D ,则采用 SVM 算法对其进行分类;否则采用 KNN 算法。

2 实验设计

2.1 实验对象

实验对象:15 例在校研究生参加该实验,男 10 例,女 5 例,年龄为 24 ~ 26 岁,被试均为右利手,身体健康,视力或矫正视力正常。实验时间为下午 3:00 - 4:30。室内正常照明,温度适宜。实验过程中要求被试避免移动。

2.2 实施程序

1) 模拟犯罪实验。

(1) 实验材料:选择七种首饰作为刺激材料(项链、发卡、手表、手链、耳环、手镯、戒指),刺激以图片的方式呈现。

(2) 模拟犯罪实验:实验员事先在房间放一条项链,让被试模拟小偷将其拿走,并要求被试记住所偷物品的细节特征。随后,测试者交给被试一只发卡,要求其认真观察并熟悉它,测试过程中发卡充当目标刺激。实验结束后,测试者将被试带到一个安静的房间,对其进行基于 P300 的 GKT 模拟犯罪知识测试。

(3) 测谎实验程序:在测试过程中,刺激序列的编排和出现依据典型的 Oddball 范式,被试偷走的项链作为探测刺激,即要求故意隐瞒并否认的项;事先让被试熟悉的发卡作为目标刺激,即回答“见过”;其他五种首饰被试没有见过,作为无关刺激,即诚实回答“没见过”。

七个刺激信息,每个随机出现 50 次,共 350 次,即无关刺激 250 次,探测刺激和目标刺激各 50 次,刺激呈现时间为 1 s。测试过程中要求被试在看到刺激后马上做出按键响应,即被询问是否见过此物品时,要求被试对所偷项链刻意隐瞒,即故意回答“没见过”,其他信息则诚实回答。

2) 自传信息测试。

模拟犯罪实验结束后,让被试休息 10 min,进行自传信息测试。测试以被试的家乡作为探测刺激,另选 5 个对被试无特殊意义的城市名称作为无关刺激,问题“你知道北京吗?”作为目标刺激。测试中要求被试故意隐瞒自己的家乡信息,即看到自己的家乡时刻意回答说“不是”,其他问题则诚实回答。家乡组中问题的编排与出现和模拟犯罪组相同。

3 EEG (Electroencephalogram, EEG) 记录和分析

用标准 10 ~ 20 导联头皮电极系统 32 导电极帽采

集 EEG 数据,同时记录垂直眼电 (VEOG) 和水平眼电 (HEOG),以双侧乳突作为参考电极,前额接地,放大器通带频率为 0.3 ~ 70 Hz,采样频率为 1 kHz,各导联阻抗均低于 5 k Ω 。对采集的数据进行去眼电伪迹、去噪等预处理。按照刺激类型,分别对三种刺激诱发的 ERP 分段,同时去除被试的有误操作,为保证数据有较高的准确度,从无关刺激的 250 个试次中随机选取 50 个作为待分析数据,然后对三种刺激各 50 个试次的数据叠加求平均,得到对应各类刺激的 ERP 数据,取刺激出现前 500 ms 到后 1 500 ms 的数据做分析,然后对 ERP 数据进行 0.5 ~ 31.5 Hz 的数字滤波处理。

4 实验结果及分析

4.1 自传信息测试

分析自传信息测试中所有被试的各导脑电,结果发现,刺激出现后 300 ms 左右观测到了明显的 P300 波,并且在 Fp1、Fp2、F3、F4、C3、C4、P3、P4、Fz、Cz、Pz、Fc1、Fc2、Cp1、Cp2、Fc5、Fc6、Cp5 和 Cp6 共 19 个通道中,刺激出现后 400 ~ 700 ms 时间段内(图 1(a),(b),(c)中虚线内)探测刺激(Probe)诱发的 ERP 幅值明显高于无关刺激(Irrelevant),并在 500 ms 左右达到峰值。同时发现,同一被试不同导联脑电信号的 ERP 幅值差异性显著,而不同被试同一导联脑电信号中 ERP 波形基本一致。文中选择上述差异性显著的 19 个通

道的 ERP 数据进行分析,限于篇幅关系,仅具体说明同一被试的脑电数据,并对 Fz、Cz 和 Pz 三个通道 ERP 数据进行绘制。鉴于目标刺激主要用来作为参照,所以图 1(a),(b),(c)中只显示了探测刺激和无关刺激诱发的 ERP 数据。

为了更好地分析两种刺激诱发 ERP 的差异性,分别计算 400 ~ 700 ms 时间段内两种刺激诱发的 ERP 数据的最大幅度值、P300 与 X 轴围成的波形总面积和峰峰值求得的 P300 幅值,并作为特征参数。

4.1.1 P300 最大幅值

刺激出现后 400 ~ 700 ms 时间段内,分别求 19 个通道中探测刺激和无关刺激诱发的 ERP 最大幅度值。

4.1.2 P300 波形总面积

计算在 400 ~ 700 ms 时间段内两种刺激诱发的 ERP 波形与时间轴围成的总面积。

4.1.3 峰峰值求得的 P300 幅值

刺激出现后 400 ~ 700 ms 时间段内,计算两种刺激诱发的 ERP 波形最大峰值和最小峰值之间的差。

由图 1(d),(e),(f)可知,提取的三种 ERP 数据特征值中,探测刺激都明显高于无关刺激。横坐标对应上述 19 个通道,为使图更清晰,故仅对 Fp1、F3、C3、P3、Fz、Pz、Fc2、Cp2、Fc6 和 Cp6 电极进行标注,纵坐标为对应的特征参数值。

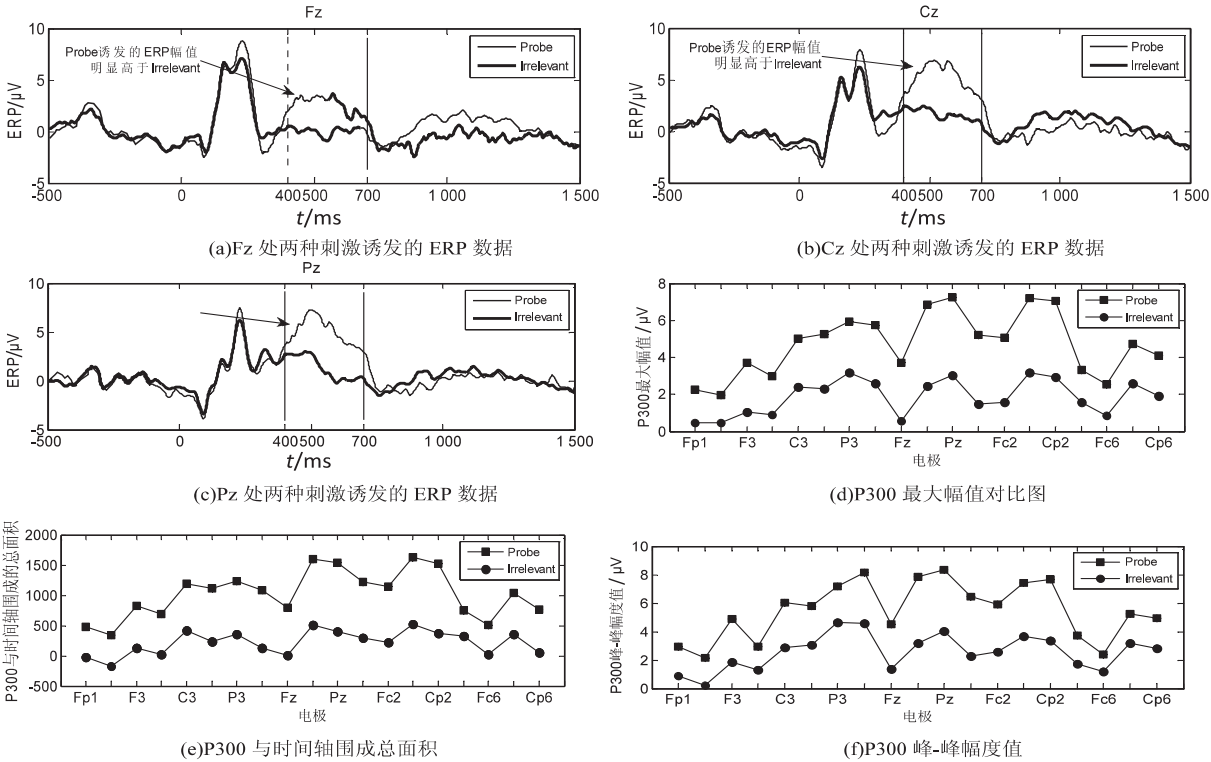


图1 自传信息测试组电极 Cz、Fz、Pz 处 ERP 数据和提取的 P300 特征参数

4.2 模拟犯罪测试

分析模拟犯罪组中同一被试的 ERP 数据发现,同

样在上述 19 导脑电数据中两种刺激诱发的 ERP 差异性显著,但不同的是,此组差异性出现在刺激出现后

450 ~ 700 ms 时间段内,比自传信息组推迟了 50 ms,这是因为相对于所偷首饰,家乡名称对被试来说更熟悉,更易诱发显著的 P300 波。同样仅绘制 Fz、Cz、Pz 三导联脑电数据,如图 2(a),(b),(c) 所示,并对求取的特征参数进行绘图,如图 2(d),(e),(f) 所示。

5 数据特征分析

对两组实验中探测刺激诱发的 19 导脑电数据的最大峰值和 P300 波形面积进行对比,如图 3 所示,条

形图左侧为模拟犯罪组数据,右侧为自传信息组。从图 3 可以看出,自传信息组中 P300 波形面积在 19 个通道中都明显大于模拟犯罪组,同时,除了 Fp1、Fp2、F4 和 Fz 四个通道外,自传信息组中 P300 最大幅值均大于模拟犯罪组,被试对自己熟知的信息故意隐瞒时,一定程度上加重了心理负担,从而诱发更强烈的 P300 波,尤其在 Cz、Pz、Fc1、Fc2、Cp1 和 Cp2 六个通道处最明显。

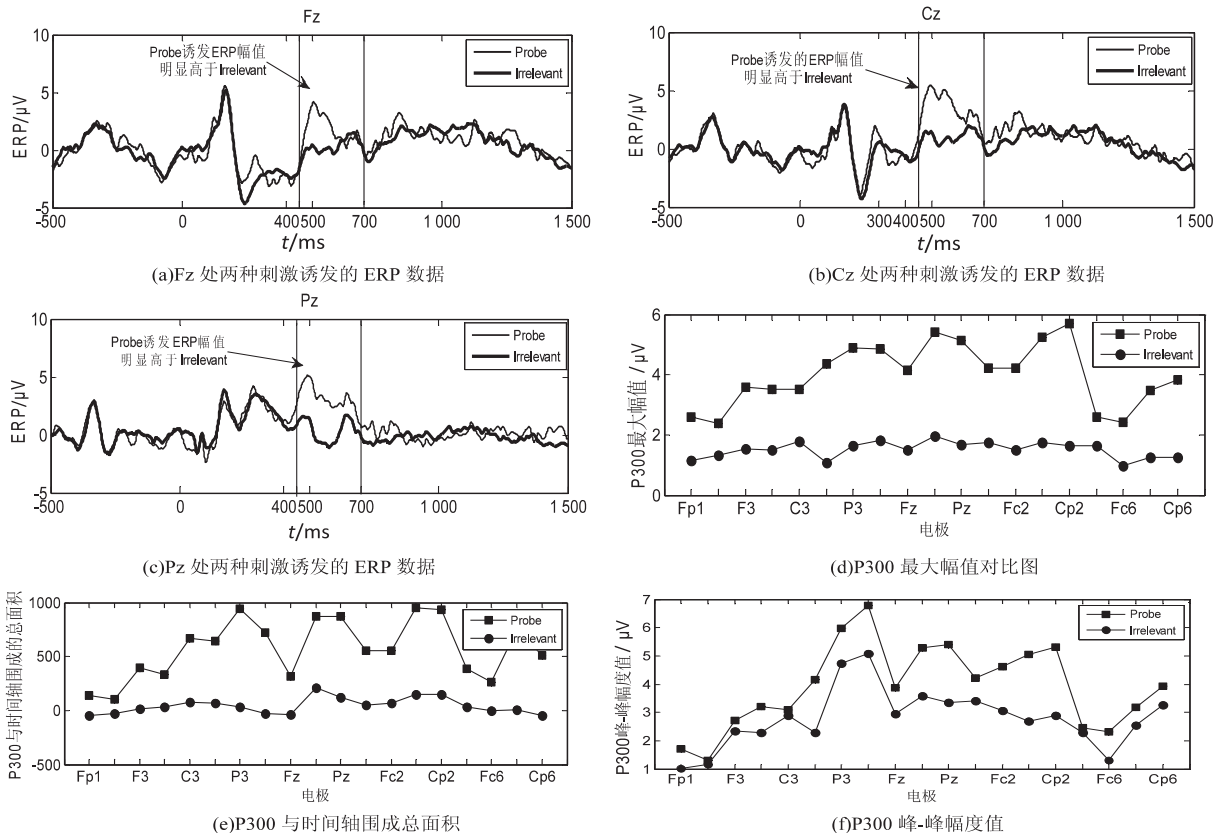


图 2 模拟犯罪测试组电极 Cz、Fz、Pz 处 ERP 数据和提取的 P300 特征参数

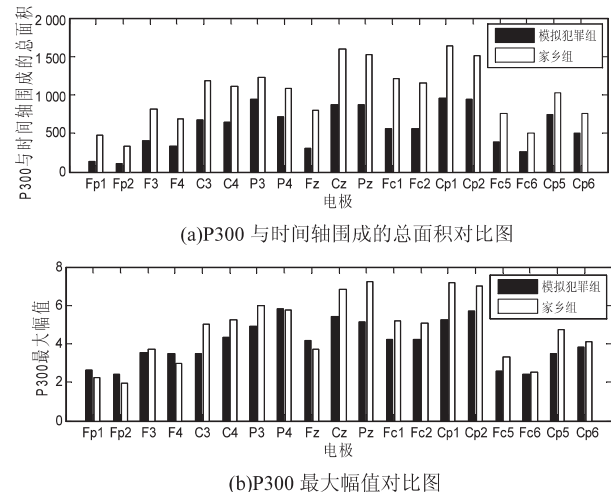


图 3 两组实验中 P300 幅值和波形面积比较

5.1 样本数据统计学分析

对两组实验中 19 个通道的数据进行统计学分析,

样本符合正态分布,故将 4.1.1-4.1.3 中提取的数据作为特征参数,以不同刺激类型作为组变量,分别进行独立样本 t 检验。

结果显示,自传信息组中,刺激出现后 400 ~ 700 ms 时间段内,探测刺激和无关刺激诱发的 ERP 数据的三种特征参数都存在显著差异性,具有统计学意义。在 450 ~ 700 ms 时间段内,模拟犯罪组中三种特征参数同样具有统计学意义。

5.2 构造特征向量

根据上述提出的方法,采用 5.1 中具有统计学意义的三种特征参数构成特征向量,探测刺激和无关刺激各 19 个特征值,共 38 个样本作为 K-SVM 分类器的输入,对探测刺激和无关刺激诱发的 ERP 数据进行识别,以区分探测信息和无关信息,同时对两种不同的实验方案进行对比和分析。

5.3 K-SVM 算法分类识别率

K-SVM 分类时 K 取不同的值时两组实验对应的平均识别率如图 4 所示。图 4(a)、(b) 分别为自传信息组和模拟犯罪组。由图可知,自传信息组中,当 $K=3$ 时平均分类正确率达到最佳,即 97.37%;模拟犯罪组中,当 $K=4$ 时平均分类正确率达到最佳,即 92.11%。由此可见, K -SVM 算法用于测谎时,并非 K 取值越大越好,实际应用中需要对 K 值进行多次尝试以取得最佳分类准确率。

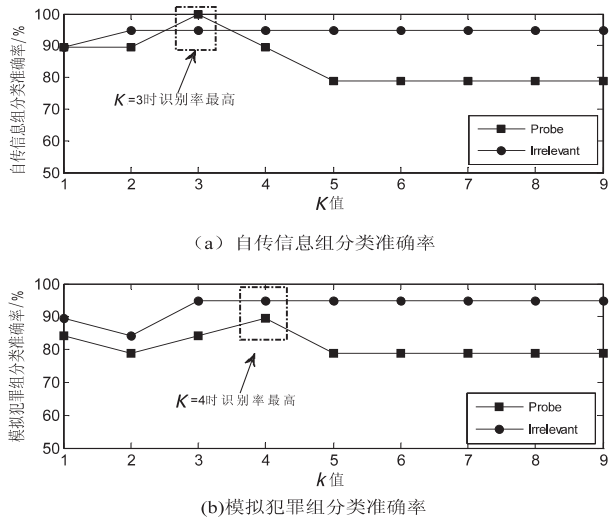


图 4 两组实验中不同 K 值对应的分类准确率

与先前研究中普遍应用的识别方法相比,文中提出的 K -SVM 算法在测谎实验中有更高的正确识别率,如表 1 所示。

表 1 两组实验中不同分类方法的正确识别率对比

组别	BAD	BCD	SVM	K -SVM
自传信息组	85.4	80.0	89.47	97.37
模拟犯罪组	83.3	73.4	89.47	92.11

6 结束语

文中研究针对以往测谎分类算法识别精度不高,传统单通道数据因个体差异性而引起的正确识别率波动等问题,提出了基于多通道事件相关电位 ERP 的 K -SVM 分类测谎方法,并从两种方案出发,测试此方法的有效性。实验结果表明,相比其他传统分类算法,文中提出的新方法应用到两种实验方案中,正确识别率都得到了不同程度的提高,故 K -SVM 算法在测谎研究中值得借鉴。对比两种方案发现,被试对刺激的熟

知度越高,越易在短时间内诱发更明显的 P300 波,从而提高测谎识别率,故如何加强被试对案件的熟知程度对测试结果显得尤为重要。

参考文献:

[1] 傅根跃,陈昌凯. 传统测谎技术研究现状与趋势[J]. 心理科学进展,2003,11(1):108-115.

[2] 郑红丽,丁同春. 测谎技术的新进展[J]. 中国人民公安大学学报:自然科学版,2007,13(1):44-49.

[3] 李永鑫,李艺敏,李新旺. 我国测谎技术的生理心理学研究综述[J]. 铁道警官高等专科学校学报,2003,13(2):49-52.

[4] 席洁,吕勇. ERP-测谎的新途径[J]. 临床医学工程,2009,16(6):105-108.

[5] Zhao Min, Zhao Chunlin, Zheng Chongxun. Identifying concealed information using wavelet feature extraction and support vector machine[J]. Procedia Environmental Sciences, 2011, 8:337-343.

[6] 赵敏,郑崇勋,赵春临,等. 基于多通道事件相关电位的心理意识真实性检测[J]. 生物医学工程学杂志,2010,27(3):641-646.

[7] Gao Junfeng, Yan Xiangguo, Sun Jiancheng, et al. Denoised P300 and machine learning-based concealed information test method[J]. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 2011,104:410-417.

[8] Abbootalebi V, Moradi M H, Khalilzadeh M A. A new approach for EEG feature extraction in P300-based lie detection[J]. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 2008, 94(1):48-57.

[9] 崔茜,张庆林,邱江,等. P300 和 CNV 在 GKT 的延时反应范式中测谎效果的分术[J]. 心理学报,2009,41(4):316-328.

[10] Abbootalebi V, Moradi M H, Khalilzadeh M A. A comparison of methods for ERP assessment in a P300-based GKT[J]. International Journal of Psychophysiology, 2006,62:309-320.

[11] Ambach W, Bursch S, Stark R, et al. A concealed information test with multimodal measurement[J]. International Journal of Psychophysiology, 2010,75:258-267.

[12] 铁海霞,刘洪广,孙志刚. 案件相关脑电位测谎中两种实验范式的比较研究[J]. 吉林公安高等专科学校学报,2011,26(3):55-58.


[13] 李蓉,叶世伟,史忠植. SVM-KNN 分类器——一种提高 SVM 分类精度的新方法[J]. 电子学报,2002,30(5):745-748.

[14] 赵玲,陈磊琛,余小陆,等. SVM-KNN 分类算法研究[J]. 计算机与数字工程,2010,38(6):29-31.

一种利用K-SVM的测谎新算法

作者：[荣凤娟](#)，[艾玲梅](#)，[RONG Feng-juan](#)，[AI Ling-mei](#)

作者单位：[陕西师范大学 计算机科学学院](#)，[陕西 西安](#)，[710119](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：[2015\(1\)](#)

引用本文格式：[荣凤娟](#)，[艾玲梅](#)，[RONG Feng-juan](#)，[AI Ling-mei](#) [一种利用K-SVM的测谎新算法](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(1)