

基于 SVM 的驾驶员疲劳检测研究

王振华 贾银山 陈兴

(辽宁石油化工大学计算机与通信工程学院, 抚顺 113001)

摘要 疲劳驾驶是导致交通意外的一个重要原因,在车上装一个疲劳检测系统有助于预防交通事故的发生。现实条件下,司机的头和眼睛是不断运动的,使得疲劳特征提取变得比较困难。再加上外部干扰和光线条件的影响,准确判断司机的疲劳状态是一个具有挑战性的问题。介绍了一种利用支持向量机检测驾驶员疲劳状态的方法。首先采集驾驶员的头部视频,然后对视频图像进行处理,提取眼睛、嘴的视觉特征和点头频率变化情况,最后利用支持向量机依据这些特征来判断司机的疲劳状态。通过模拟实验,疲劳检测的准确率达到 97.80%,表明该方法适合于驾驶员的疲劳检测。

关键词 支持向量机 车辆 驾驶员 疲劳监测

中图法分类号 TP391.41; **文献标志码** A

随着社会的发展和人民生活水平的不断提高,汽车走进了千家万户,交通事故也随之增多。在众多交通事故中,疲劳驾驶是一个重要原因,这已引起了人们的重视。过去几十年中,国内外专家在积极展开疲劳检测的研究,我国与西方国家相比起步相对较晚。目前国内对疲劳驾驶监测系统的研制与开发仍处于初始阶段。

美国明尼苏达大学的驾驶员眼睛追踪和定位系统^[1]通过在车内安装的红外线摄像头实时采集的驾驶员脸部图像,图像经滤波处理后,用灰度模板匹配法搜索、定位眼睛并确定眼睛的睁合状态,最后根据眼睛的睁合状态来判断驾驶员是否疲劳驾驶。Advanced Safety Concepts 公司根据人疲劳时会频频点头的特点研制了专门的传感器,通过测量驾驶员头部位置的变化来判断驾驶员是否疲劳^[2]。澳大利亚 Outerspacc Design 公司的 Optalert 疲劳驾驶警报系统是通过检测司机的眼皮来判断是否处于疲劳状态^[2]。Electronic Safety Products 公司开发的方向盘监视装置 S. A. M^[3]则通过监测方向盘是否非正常运动来判断驾驶员是否疲劳。

2001年,郑培、周一鸣等^[4]提出了脸部图像识别的人脸皮肤色彩高斯模型,通过眼睛灰度模式匹配,成功地实现了驾驶员驾驶疲劳的测评,构建了基于 PERCLOS 的机动车驾驶员驾驶疲劳的实验测评系统。2006年3月深圳亿龙科技有限公司研制开发的手表式 TWS 汽车驾驶疲劳预警系统,通过监测人体的生物信息(如:红外光谱、心路脉搏、生物电等)来判断人的精神状态,当使用者进入疲劳状态时该系统会发出警告。

以上这些大都是基于单个特征的疲劳检测,准确率会受影响。基于生理信息的疲劳研究准确,但其侵入性使得无法应用,所以基于多特征、非侵入性的疲劳研究就成为现在研究的重点。

1 支持向量机简介

支持向量机(Support Vector Machine, SVM)是20世纪90年代中期在统计学习理论上发展起来的一种新型机器学习方法^[5]。它采用结构风险最小化原则,根据有限样本信息,在模型的学习能力和复杂性之间寻求最佳折衷,以获得最佳的推广能力。SVM的核心思想是:通过引入核函数,将在输入空间线性不可分样本映射到高维特征空间,达到线性可分或者近似线性可分。由于其具有极强

2010年12月13日收到

第一作者简介:王振华(1982—),男,汉族,河南安阳人,辽宁石油化工大学硕士研究生。研究方向:支持向量机理论及应用。

的推广能力,不会陷入局部极小点,以及很强的非线性处理能力等特点,已成为模式识别中最常用的研究工具之一。

SVM 是从线性可分情况下的最优分类面发展而来的,基本思想可用两类线性可分情况说明。如图 1 所示,实心点和空心点代表两类样本。假如这两类样本(训练集)是线性可分的,则机器学习的结果是一个超平面(二维情况下是直线)或称为判别函数,该超平面可以将训练样本分为正负两类。

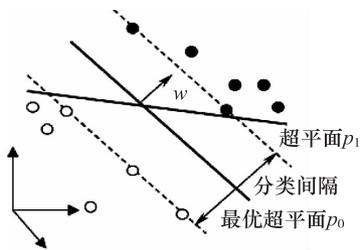


图 1 线性可分情况下的分类超平面

按经验风险最小化要求,这样的平面会有很多,但有的平面分类效果很好,但预测效果很差,例如图 1 中 P_1 平面。而按结构风险最小化要求,则能找到最优化平面 P_0 ,该平面不仅能将两类训练样本正确分开,而且可使分类间隔(Margin)最大。所谓分类间隔是指两类中离分类超平面最近的样本且平行于分类超平面的两个超平面间的距离,或者说是从分类超平面到两类样本中最近样本的距离的和,这些最近样本可能不止 2 个,正是它们决定了分类超平面,也就是确定了最优分类超平面,这些样本就是所谓的支持向量^[6]。一个 m 维超平面可由以下方程描述:

$$w \cdot x + b = 0 \quad w \in R^m, b \in R \quad (1)$$

分类间隔最大的最优超平面则可以通过求 $\|W\|^2/2$ 的极小值获得。约束条件为:

$$y_i(wx_i + b) - 1 \geq 0 \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

2 研究方法及步骤

对驾驶员进行疲劳检测需要用摄像机采集图像,然后对图像进行去噪处理、特征提取、并用支持向量机对提取的特征进行分类,最后进行驾驶员疲

劳状态分析。整个流程可用图(2)来描述。

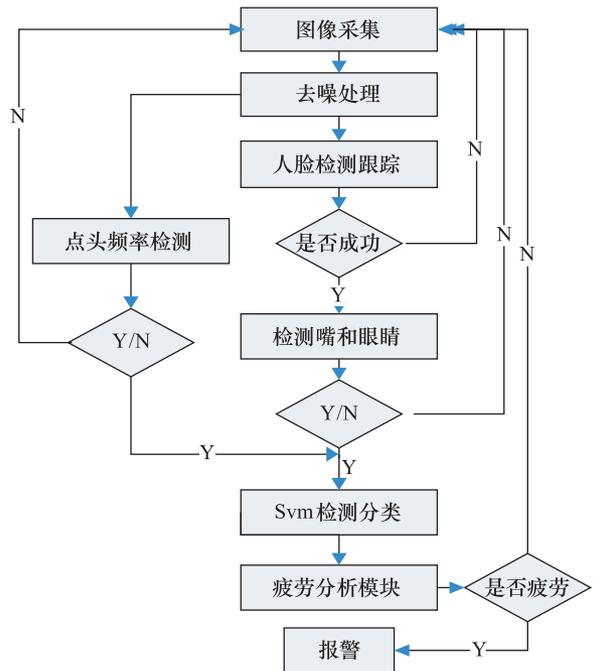


图 2 疲劳检测流程

整个流程大体可概括为如下五步。

(1) 图像采集系统由低成本的电荷耦合器件(CCD)的微型红外摄像机。为了减少面部搜索盲目性,计算帧间差异来决定是否有物体移动。当有移动对象被发现且包含 YCbCr 色彩空间的皮肤颜色信息,这说明有一个人镜头前。

尽管不同种族的人皮肤颜色有别,人的皮肤在 YCbCr 色彩空间颜色分布可以近似为一个平面高斯分布^[7]。通过皮肤颜色信息面部就可以从图像分割出来。通过检测到面部面积的大小改变来判别司机是否点头,并把点头频率作为疲劳判别特征参数之一。

面部跟踪用卡尔曼滤波器,卡尔曼滤波是一种有效的递归滤波器,可以去掉噪音。由于光线、头的移动等原因都会引起检测失败。为了克服这个问题,使用自适应窗口,它的尺寸取决于脸的位置和移动速度。

(2) 人脸检测使用剪裁法,由于眼睛在脸的上部,因此眼睛要在人脸图像的上半部分搜索,这可以帮助我们减少疲劳检测系统的计算成本,使它成

为现实使用的候选。通过寻找剪裁图像区域中满足一定几何约束条件的两个亮点来寻找瞳孔;首先用自适应阈值二值化检测图像并找到其中斑点,然后进行形态操作使伪亮点被淘汰。用一个标准的八连通分析元件来鉴别斑点的大小和形状。大小和形状参数选择为:半径,跨瞳孔距离,瞳孔之间的角度。圆形区域中不符合条件的点被移除。如图3所示。



图3 眼睛检测

提取眼部的特征,在此把眼矩形化,长宽比作为特征值转换为特征向量供支持向量机使用。把眼睛上下眼皮之间的距离作为矩形的高 h ,眼角之间的距离作为矩形的长 w ,眼睛的特征提取为

$$v = h/w = |y_1 - y_2| / |x_1 - x_2| \quad (3)$$

式(3)中 y_1 表示为上眼皮中心点的纵坐标, y_2 表示为下眼皮的中心点的纵坐标, x_1 表示为眼角一边的横坐标, x_2 表示眼角的另一边的横坐标。



图4 眼特征提取

(3) 嘴在脸的下半部分进行检索,嘴的检测提取用 Paul Viola 和 Micheal J. Jones^[8]提出的级联分类器来检测。从面部图像中提取嘴部图像后,传递给 FCM 的模块。模糊 c-means (FCM) 是一种聚类方法,它允许一个数据属于两个或多个聚类。FCM 算法创建的模糊分区使用仅有的像素特征正确描述这幅图像,这一阶段涉及聚类中心的计算和谱域中的隶属函数。为了保证系统的自主性,用自动的方式来决定聚类的权数。基于聚类的有效性,通过 FCM 算法迭代从一群聚类中选择最优值,找出最佳

聚类数目。传递信息到空间的 FCM,空间的 FCM 还要处理每个像素的周围光谱信息,返回模糊的成员矩阵,空间信息放进 FCM 模块帮助消除图像中的噪声。由于 S-FCM 有收敛性,为了得到最优的图像对聚类的每个像素进行清晰化。最终,FCM 模块输出一个分割的二元形式嘴唇图像^[9]。

接着检验嘴是否检测到,首先,基于偏心分析检测,因为,嘴唇区域更像是一个椭圆,它的偏心率接近 1。假如嘴偏心检测接近 1,对它进行第二种检测,否则,对下一帧图像进行检测。第二项测试检查嘴唇区域重心与瞳孔中心的角度是否在一定范围内。在人脸正面,嘴唇区域中心垂直于跨瞳孔距离中心的一点。但如果整个嘴唇区域检测不成功,中心可能错位,这种情况下角度范围来保证嘴唇确实存在。计算它们的角度公式给出如下:

$$\theta = \arctan(|x_2 - x_1| / |y_2 - y_1|) \quad (4)$$

式(4)中 (x_1, y_1) 代表检测到的嘴唇区域中心, (x_2, y_2) 点代表瞳孔中心,中心点检测通过两项测试说明是检测到嘴唇,这一概念在图5说明。

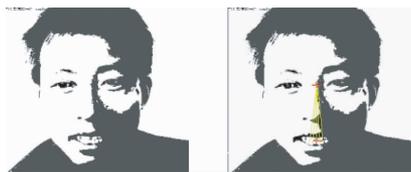


图5 嘴部检测验证

然后,计算嘴唇的高度和宽度,以确定嘴唇在不同帧图像中张开的程度,为了避免嘴在不同框架不同主题上的变化,用嘴宽高比代表嘴的张开程度。嘴张开程度定义如下:

$$o = w/h = w / (h \cos\theta) \quad (5)$$

式(5)中 w 是两个嘴角之间的距离, h 是嘴矩形化边界的高度,它是上下嘴唇的边界线的距离。嘴张开的程度 o 作为一个特征参数。这样做比其他方式作为特征向量的数据量要小好多,可以提高系统的处理能力。最后获得的特征向量形式为:(1:眼的高宽比 2:嘴的宽高比 3:点头频率)

(4) 使用支持向量机分类训练前,要选择合适的核函数。不同的内积核函数将会形成不同的算

法。线性核函数和非线性核函数是常用的核函数,非线性核函数主要包括:多项式核函数、径向核函数以及 Sigmoid 函数。

这里选的核函数为径向基核函数(Radial Basis Function, RBF),它的优势为^[10]:与线性核函数相比,径向基核函数能够处理当类别标签与特征之间的关系为非线性时的情况。线性核函数只是径向核函数的特例;高维参数的数目会影响内核函数的复杂性,较之与多项式核函数相比,径向核函数有更少的高维参数;径向核函数在数值选取上较容易。而多项式函数的内核的值可能会趋向无穷大,且阶次很大,Sigmoid 函数在一些参数下是无效的。

以下把获取的数据变换成一个 SVM 支持的格式,进行简单的数据缩放,考虑 RBF 核

$$k(x, y) = e^{-r \|x-y\|^2} \quad (6)$$

选取适当的惩罚因子和 r 对所收集的数据集进行训练、预测。

(5) 司机的驾驶状态由支持向量机和分析模块来判断,假如支持向量机和分析模块发现司机的眼睛连续数帧是闭合或半闭合状态且发现司机打哈欠,它立即得出结论,人处于疲劳状态,产生一个报警。这样可以排除司机驾驶过程中由于说话而产生的错误警报。同样,如果连续数帧发现眼睛闭合,系统并不等待出现打哈欠,而是直接报警。如果发现司机点头且伴有闭眼或打哈欠说明司机疲劳,也产生报警。总之,不能单靠打哈欠或点头来正确预测司机的状态。

3 实验结果

本系统用奔腾 4, 2.1 GHz 的 CPU, 使用 Matlab 环境, 采用 LIBSVM 开源软件包对每幅图像的视觉特征进行了测试。其中图片是从采集的视频中获取的连续的图片, 首先对连续的单幅图片进行疲劳检测, 然后将结果输入疲劳分析模块进行疲劳状态分析。表 1 为单幅图片检测结果。检测正确率的计算公式如(7)所示。

$$P = \frac{A}{A+B} \quad (7)$$

式(7)中, P :检测的正确率; A :正确检测图像数; B :检测出错误数。

表 1 检测结果

图像特征	图像数	正确检测数	错检数	正确率/%
眼	2 000	1 900	100	95.00
嘴	2 000	1 133	867	56.65
眼、嘴和点 头频率特 征混合	2 000	1956	44	97.80

疲劳分析模块根据支持向量机给出的连续图像的分类结果,判断司机是否真正处于疲劳状态,若发现连续数帧都疲劳则认为司机疲劳发出报警,这样可以减少因为司机说话、正常眨眼等情况出现的误报警。

基于神经网络的疲劳识别率为 93.30%,模板匹配为 94.16%^[11],综上所述可知基于 SVM 的多特征疲劳检测要优于别的方法。

4 结束语

讨论了一种实时非侵入式的疲劳检测系统,用打哈欠、点头和眼的状态相结合来分析司机的疲劳程度,该系统由不同的人在模拟驾驶条件下进行了测试,晚上使用红外照明灯的情况下工作正常;白天光线太强时性能会降低。解决这一问题的方法是在汽车玻璃加入红外过滤器。

该系统对司机疲劳检测还有一些缺陷,有待进一步研究。当司机打哈欠时把他的手放在嘴上,该系统就无法对嘴准确检测,嘴不能从框架上分割出来。且打哈欠姿态很多,因此,必须用一些技术来解决这个问题,此外,如果司机戴深色眼镜,瞳孔也不能准确检测到,因此,这种不足有待以后解决,使系统工作效率更高、更可靠。

参 考 文 献

- 1 Eriksson M, Papanikolopoulos N P. Eye-tracking for detection of driver's fatigue. Pro-ceeding of the In IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 1997; 314—319
- 2 刘 芳. 基于视频的驾驶员疲劳驾驶实时监测系统的设计和研

- 究,杭州:浙江工业大学学位论文,2009,5
- 3 毛 酷,初秀民,严新平,等. 汽车驾驶员驾驶疲劳监测技术研究进展. 中国安全科学学报,2005;15(3):108—112
 - 4 郑 培,宋正河,周一鸣. 机动车驾驶员疲劳测评方法的研究现状及发展趋势. 中国农业大学学报,2001;6(6):101—105
 - 5 Columbia DVMM Research Lab. Columbia image splicing detection evaluation dataset. <http://www.ee.columbia.edu/ln/dvmm/downloads/AuthSplicedDataSet/AuthSpliced-DataSet.htm>. [2008-03-20]
 - 6 Byun H, Lee S W. Applications of support vector machines for pattern recognition; a survey. Lee S W, Verri A Eds. SVM. LNCS2388, 2002:213—236
 - 7 Dong Wen-Hui, Wu Xiao-Juan. Driver fatigue detection based on the distance of eyelid, Proc IEEE Int, Workshop VLSI Design & Video Tech,2005;28—30
 - 8 Viola P, Jones M J. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. IEEE CVPR,2001
 - 9 Jaffar M A, Hussain A, Mirza A M. *et al*. Fuzzy entropy and morphology based fully automated segmentation of lungs from CT Scan images. International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC),2009;5(12)
 - 10 Hsu C -W, Chang C-C, Lin C-J. A practical guide to support vector classification. <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>
 - 11 刘 鹏,江朝晖,熊 进,等. 用于驾驶疲劳检测的人眼定位及状态判别算法. 计算机工程与应用,2010;4(6):185—188

Driver Fatigue Detection Based on SVM

WANG Zhen-hua, JIA Yin-shan, CHEN Xing

(School of Computer and Communication Engineering, Liaoning Shihua University, Fushun 113001, P. R. China)

[Abstract] Driver fatigue is an important factor that causes traffic accidents. It can prevent traffic accidents to install a fatigue detection system in the car. In the real conditions, the driver's head and eyes are in motion, this makes the fatigue feature extraction become more difficult. External interference and the impact of lighting also make it a challenging problem to determine accurately the driver's fatigue. A method to detect driver fatigue with support vector machine is introduced. First, the video of driver's head is captured, and then the video images are processed, features of the eyes, mouth, nodding frequency of head are extracted, at last, support vector machines are used to determine the driver's fatigue status. The experiment results show that fatigue detection accuracy rate reached 97.80%, and the method is suitable for driver fatigue detection.

[Key words] support vector machine vehicle driver fatigue detection