

# 基于PERCLOS—驾驶员疲劳检测系统

徐浩洋

河南财经政法大学计算机与信息工程学院 河南郑州 450046

**摘要:** 本文描述了PERCLOS测试驾驶疲劳的机理,并介绍了疲劳算法识别。首先,使用肤色模型粗略地检测人脸的出入口区域,并根据驾驶员面部的几何特征,准确定位眼睛。然后,根据眼部区域的白色像素数和闭眼持续时间,判断驾驶员的状态。最后实现了疲劳检测决策,结果表明系统能够准确定位眼睛并判断驾驶员的疲劳状态。

**关键词:** PERCLOS; 驾驶疲劳; 面部识别; 疲劳检测系统

## Based on PERCLOS -- driver fatigue detection system

Xu Haoyang

Henan University of Economics and Law Zhengzhou City, Henan Province 450046

**Abstract:** This paper describes the mechanism of testing driving fatigue by PERCLOS and introduces the algorithm of fatigue recognition. Firstly, the skin color model is used to roughly detect the entrance and exit area of the face, and according to the geometric features of the driver's face, the eyes are located accurately. Then, according to the number of white pixels in the eye area and the duration of eye closure, the driver's state is judged. Finally, the fatigue detection decision is realized, and the results show that the system can accurately locate the eyes at and determine the driver's fatigue state.

**Keywords:** PERCLOS; driving fatigue; facial recognition; fatigue detection system

### 引言:

随着交通运输的发展,交通事故在人们的日常生活中越来越受到重视。研究表明,交通事故的关键原因是人为因素,导致约89.95%的交通事故和78.54%的死亡是由事故引起的<sup>[1]</sup>,<sup>[2]</sup>其中一个因素是驾驶疲劳。每年,因驾驶员疲劳而发生的交通事故超过6,000起,造成3,000多人死亡<sup>[4]</sup>,造成125亿美元的直接金钱损失。驾驶员的嗜睡和分心可以被确定为使驾驶员失去对方向盘后面注意力的主要原因。

目前,不同国家存在各种驾驶疲劳检测技术,其中最常见的是脉搏监测、脑电监测、DCG监测、头部位置检测和PERCLOS监测。在这些技术中,PERCLOS在可靠性,便利性和实用性等方面被认为是与其他技术相比最有效的技术。1999年4月,美国联邦公路管理局召集专家学者对比PERCLOS与眼睛活动其他测量方法的有效性。该研究认为,应优先考虑机动车辆驾驶器PERCLOS的测量,这可以是用于疲劳评估的实时,非接触式方法。

**作者简介:** 徐浩洋(出生年—2002),男,汉,籍贯:河南省驻马店市,本科,研究方向:软件工程。

这是PERCLOS首次被提出作为预测机动车辆驾驶员驾驶疲劳的可行方法<sup>[3]</sup>。本文将介绍估计PERCLOS的先进和有效的方法,这最终对于防止这些悲剧非常重要。

### 一、珀克洛斯检测理论

PERCLOS是瞳孔闭合百分比随时间变化的缩写,其含义是眼睛闭合占其比例的单位时间。在这里,我们选择P80(闭眼时间占一定时间段的80%)作为我们的标准来判断是否有疲劳,因为它与实际情况最匹配。

$$f = \frac{t_3 - t_2}{t_4 - t_1} \times 100\% \quad \text{奥姆拉1号}$$

在公式中, f表示闭眼时间的百分比,在PERCLOS:

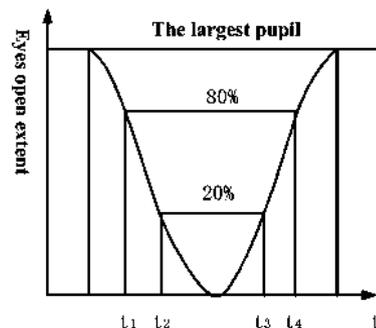


图1 珀克洛斯原理

$t_1$ 是将眼睛的最大瞳孔闭合到80%所需的时间;  
 $t_2$ 是将眼睛的最大瞳孔闭合到20%所需的时间;  
 $t_3$ 是从眼睛的自然状态到下一个20%的瞳孔重新打开的时间;  
 $t_4$ 是从自然状态到下一个80%重新开放的时间。

当系统检测到PERCLOS超过80%并且闭眼时间超过3秒时,它会判断驾驶员是否疲劳,需要采取紧急措施。

## 二、识别算法分析

面部判断采用基于肤色特征的高斯模式,首先计算 $YC_bC_r$ 色度空间中的肤色相似性并将其转换为二进制图像。之后,使用binary图像的垂直直方图和水直方图来确定人脸的上,下,左右边界,然后将人脸分割,脸灰显。然后利用水平和垂直的灰色投影图像,对皮肤颜色进行分割和形态学特征,以获得眼睛区域并定位左右眼;还计算了每帧眼部面积与最大眼部面积的比值,以确定眼睛的睁开和闭合,通过计算眼睛睁闭两帧的帧数来计算PERCLOS值,从而确定眼睛是否疲劳。

### 1. 基于肤色的人脸检测

在 $YC_bC_r$ 色彩空间中( $Y$ 代表表格亮度, $C_b$ 代表蓝色差异, $C_r$ 代表红色差异),肤色具有良好的聚类。不同种族肤色的颜色信息 $C_b$ 、 $C_r$ 在颜色空间 $YC_bC_r$ 中具有一定的分布特征,对亮度影响不大;聚类的algorithm在色度空间中很容易实现,因为它是离散的,并且是二维独立分布,可以限制肤色分布。从相机获得的图像晶格通常采用RGB格式。为了促进人脸的检测,有必要转换为 $YC_bC_r$ 色彩空间。该过程的公式为:

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 & 0 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 & 128 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 & 128 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{奥姆拉2号}$$

假设皮肤颜色分布遵循单峰高斯分布,我们在 $C_b$ 、 $C_r$ 的二维色度平面上建立简单的高斯模型。假设相似度 $p$ 表示从高斯分布中心获得的像素与肤色之间的相似度,计算出 $YC_bC_r$ 色彩空间中 $\pi$  xels的各相似度,得到相似度灰度图像。在图像中,每个像素的灰度值表示其与肤色的相似性。

计算 $p$ 的公式为:

$$\left\{ \begin{aligned} P(C_b, C_r) &= \exp[-0.5(x-m)^T C^{-1}(x-m)] \\ x &= (C_b, C_r)^T, C = E\{(x-m)(x-m)^T\} \end{aligned} \right\}$$

奥姆拉3号楼

在公式中, $m$ 是平均值, $m=E(x)$ ;  $C$ 是covariance矩阵。

我们可以根据公式2和3获得相似度 $P(C_b, C_r)$ ,然后乘以255以显示像素代表肤色的概率。将相似度最大的像素设置为白色(灰度值为255)和其他像素对应的灰度值,即可得到相似度图像。通过函数 $\text{graythresh}()$ 我们可以计算出二值化的最佳阈值,通过相似性图的二值化可以得到二进制图像,然后计算二元化直方图,并通过垂直直方图确定人脸的上下边界。水平直方图确定人脸的左右边界,并最终分割人脸。

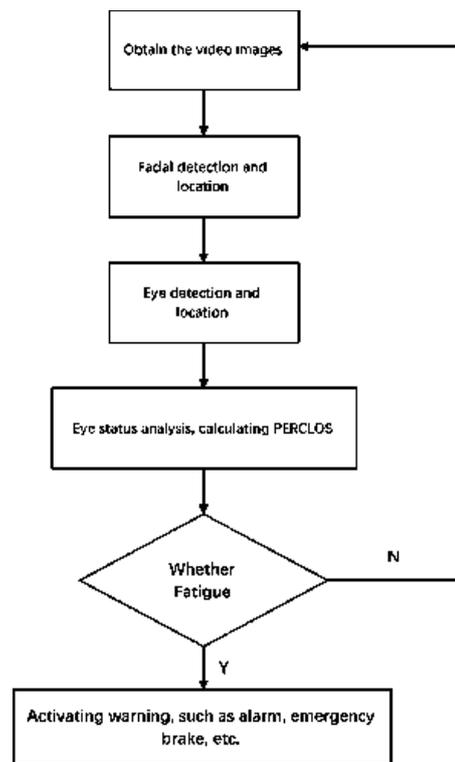


图2 识别算法框图

### 2. 眼部区域定位

首先,我们对人脸的二进制图像进行灰度积分投影,并利用眼睛与其他面部特征点(鼻子,前额等)之间的灰度值差来进行眼睛的粗略定位;然后根据肤色分割和面部特征之间的关系找到 $e$ 是。接下来,进行二值化和开闭操作,以消除噪声,擦除孔洞,重建人脸图像,腐蚀,稀释和再处理人眼。最后,我们减去二元人眼区域和再处理的人眼区域,得到人眼特征图。



图3 眼特征图片

### 3. 眼睛状态的确定

眼部区域定义为眼部区域中的白色像素数。如图1所示,面积=最大高度和宽度中的最大白色像素数。当眼睛完全睁开时,白色像素最多,即面积最大,设置为

maxS。基于maxS，我们计算下一帧（称为P）的眼部面积，如果 $\max S/P < 5$ ，则眼睛称为睁开，否则它们就是闭合的。

### 三、结果和分析

根据上述疲劳识别算法，对5名疲惫学生（戴眼镜且未戴眼镜）的面部图像进行了测试和编号。5名学生分别拍摄1分钟拍摄，然后对图像进行处理，记录睁开眼睛的帧数，闭眼的帧数，PERCLOS值和闭眼3s的次数，其中 $\text{PERCLOS} = \text{闭眼帧} / (\text{睁眼帧} + \text{闭眼帧}) \times 100\%$ 。实验的目的是通过验证PERCLOS值大于40%时闭上眼睛3s的次数是否至少一次，来验证疲劳检测系统的准确性。根据我们的结果，志愿者的平均PERCLOS为41.77%，当PERCLOS值大于40%时，闭上眼睛超过一次，闭合时间超过3s。系统驱动器的疲劳程度达到安全驾驶操作所不允许的极限。此外，在实验中，4个人的眼睛位置准确，准确率为80%，一名学生因斜视而无法获得准确结果。

### 四、结语

实验证明，本文采用的软硬件系统能够满足驾驶员疲劳检测的实时性要求，能够准确定位人眼位置，计算眼面积。最后，PERCLOS算法的准确性可以通过确定驱动程序是否疲劳来验证。然而，本文构建的系统仍存在一些不足：当驾驶员不正对前方，或者驾驶员头部与摄像头不对齐时，驾驶疲劳检测的准确性会降低；车内的照明条件也导致驾驶疲劳判断的准确性下降。此外，睡眠中的驾驶员的眼睛和驾驶员戴眼镜的不完全闭合导致驾驶员疲劳检测不准确。为了克服这些问题，显然将来

需要进一步调查驾驶员疲劳检测问题。

### 参考文献：

- [1]陈明伟, 袁晓华, 潘敏, 谢文丽.从交通事故的分析和统计中预防.中国安全科学, 2004, 14(8): 59-64
- [2]沈培敏, 雷科, 陈伯辉.交通量1; s中人为因素的分析与策略.安全和健康, 2004, (19): 41-43
- [3]L. Lang和H. Qi, “结合PERCLOS和AECS的驾驶员疲劳监测算法的研究”, 2008年计算机科学与软件工程国际会议, 湖北, 2008
- [4]P. Zheng和C. Q. Zhang, “基于PERCLOS的疲劳检测系统的硬件设计”, 2011年第三届多媒体信息网络与安全国际会议, 上海, 2011年
- [5]张玉进, 图像工程, “图像处理与分析”, 北京: 清华出版社, 1999.
- [6]史克伟, 傅希天, 蔡安妮和孙金高, “YCrCb图像中的不对称面部分割”, 第五届亚太会议.第四届通信光电子与通信学术会议, 中国北京, 1999年
- [7]郑培, 宋正和, 周毅明, “基于PERCLOS的电机驾驶员法提谷e识别算法”, 中国农业大学学报, 2002, 7(2)
- [8]D. Sommer和M. Golz, “基于PERCLOS的当前疲劳监测技术的评估”, 2010年IEEE医学和生物学工程国际会议, 布宜诺斯艾利斯, 2010年
- [9]G.B.Solanke和S.Gore, “使用YCbCr颜色模型检测人类肤色检测的GPU加速计算”, 2017年计算, 通信控制与自动化 (ICCUBEA), 浦那, 2017