

学号	姓名	论文规范性 (10)	问题分析与调研 (30)	方案创新性 (20)	实验结果分析与讨论 (40)	结课论文总成绩 (100)
21301064	高健程	8	23	16	34	81

主题更偏向于数字图像处理/机器视觉

## 基于计算机图形学的疲劳检测系统

**摘要：**本文探讨了计算机图形学在疲劳驾驶检测与预防中的潜在应用。疲劳驾驶作为导致大量交通事故的重要因素，其在探测过程中隐蔽性强，难以预测。为了有效减少因疲劳驾驶引起的安全事故，研究人员开始利用计算机图形学技术来监测驾驶员的疲劳状态。通过实时捕捉驾驶员的面部图像，并结合图像处理和分析技术，系统能够准确判断驾驶员是否出现疲劳迹象，并在必要时发出警报或采取紧急措施。此外，计算机图形学还可用于模拟不同驾驶条件下的视觉体验，以深入了解视觉疲劳的产生机制，并为设计更有效的疲劳检测方法和改善驾驶环境提供理论支持。随着技术的不断发展，未来的驾驶辅助系统有望更加智能化和个性化，从而进一步降低疲劳驾驶的风险，提高行车安全。

**关键词：**疲劳检测；计算机图形学；matlab；图像处理

# 目 录

一、研究背景及意义.....	1
二、国内外疲劳驾驶研究现状.....	1
三、研究方案.....	2
3.1 底层分析法人脸检测.....	3
3.2 构建双层分类器人眼定位.....	3
3.3 基于椭圆拟合的人眼状态.....	6
3.4 基于 PERCLOS 标准的疲劳状态分析.....	6
四、实验分析.....	7
4.1 实验步骤.....	7
4.2 系统性能评价指标.....	8
4.3 实验结果分析.....	8
五、总结.....	9
六、参考文献.....	9

## 一、研究背景及意义

疲劳驾驶<sup>[1][2]</sup>是一个全球性的交通安全问题，每年因疲劳驾驶导致的交通事故不计其数，造成了巨大的人员伤亡和财产损失。为了有效预防和减少这类事故的发生，计算机图形学技术开始被应用于驾驶员疲劳状态的检测中<sup>[3][4]</sup>。通过安装在车辆内部的预置摄像头，系统能够实时捕捉驾驶员的面部图像，并利用计算机图形学中的图像处理和分析技术，如边缘检测、特征提取等，来准确判断驾驶员是否出现疲劳迹象，如眼睛闭合时间过长、眨眼频率异常等。一旦检测到驾驶员疲劳，系统可以立即发出警报，甚至自动采取紧急措施，如降低车速或进行紧急制动，从而有效保障行车安全。

除了直接应用于驾驶员疲劳检测外，计算机图形学还在疲劳驾驶的研究中发挥着重要作用。通过模拟不同道路环境、光照条件以及驾驶时间等因素对驾驶员视觉体验的影响，研究人员可以深入了解视觉疲劳的产生机制和影响因素。这些模拟研究的结果不仅可以为设计更有效的疲劳检测方法提供理论支持，还可以为改善驾驶环境、提高驾驶舒适度提供有价值的建议。此外，随着计算机图形学技术的不断发展，未来的驾驶辅助系统有望更加智能化和个性化，能够根据驾驶员的生理状态和驾驶习惯，自动调整车辆参数和驾驶模式，以最大限度地减少疲劳驾驶的风险。

## 二、国内外疲劳驾驶研究现状

在当前全球化的背景下，多个国家高度重视汽车安全领域的投资，以有效应对和解决交通安全挑战。为了促进该领域的研究与发展，众多知名高校和科研机构纷纷投入资源，进行了广泛而深入的研究，并取得了显著的成果，为提升道路安全水平作出了积极贡献。

日本一公司研发了一种创新系统，通过在驾驶员头部上方安装传感器来精准分析并判断司机的头部位置<sup>[5]</sup>。这一传感器利用先进的测距技术，计算并持续追踪驾驶员头部在三维空间中的精确位置。该系统还结合了方向盘上的心跳感应器，

定期检测驾驶员的心跳速度。当驾驶员疲劳时，心跳速度通常会减慢，因此系统能够据此简单而准确地判断驾驶员的疲劳程度。这一创新技术的应用，为提高驾驶安全性和预防疲劳驾驶事故提供了新的解决方案。

在美国，研究人员设计一种名为 DDDS (The Drowsy Driver Detection System) 疲劳检测系统，该系统采用多普勒雷达作为探测以及先进的信号处理技术，旨在捕捉驾驶员的情绪波动、眨眼频率和持续时间等相关数据，并加以分析，从中准确判断驾驶员是否处于疲劳或非正常状态。该系统设计小巧，可以安装在驾驶员头顶上方或前方，确保在不妨碍驾驶的同时提供有效监控。

在国内，特别是江苏大学，在 PERCLOS 算法的基础上研发出一套系统。该系统利用 850/950mm 波长的红外图像仪和差分图像仪作为图像采集器，有效排除了环境光源的干扰，提高了在各种驾驶条件下对驾驶员状态的监测能力。此外，该系统还能获取关键部位（如眼部）的差分图像，显著提升了实时处理能力，具有较高的实用价值。

### 三、研究方案

本文借助 matlab 来实现系统的设计。

设计思路：首先对图像进行图像预处理，得到灰度分配较为均匀的图像。接着，本文利用 matlab 中的水平和垂直灰度积分投影曲线处理功能，在此基础上，结合人脸的结构特征找到眼睛的位置坐标，实现了对目标准确的眼部定位，通过 perclos 技术计算眨眼率，根据先验值得到是否疲劳<sup>[6]</sup>。具体流程如图 1 所示。

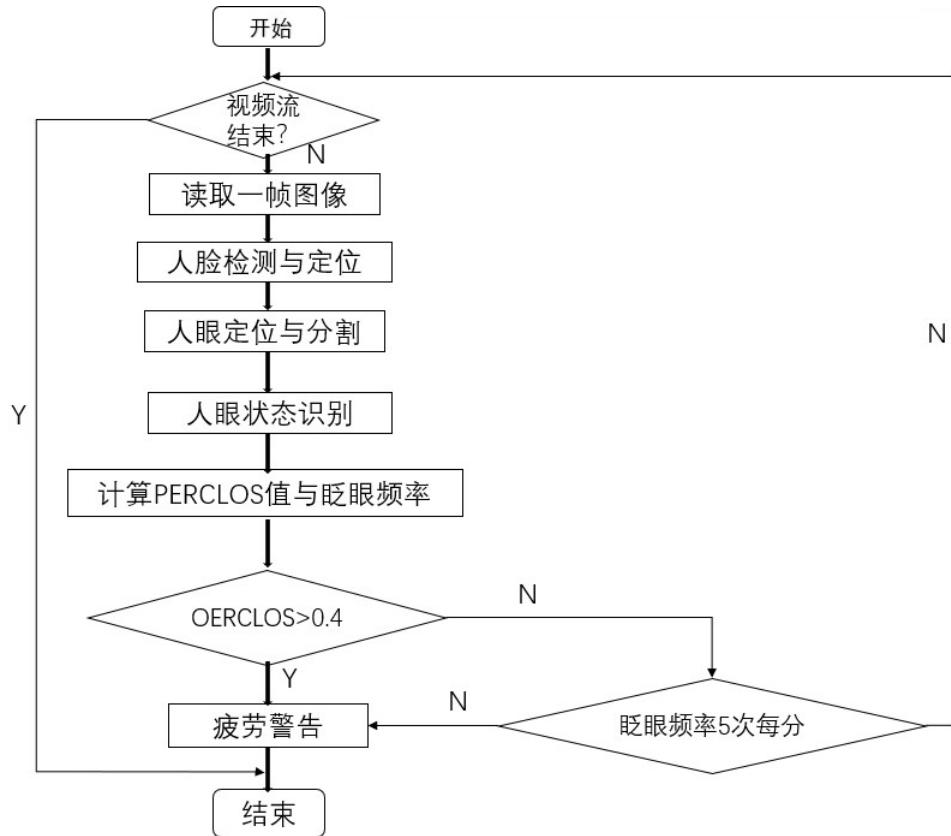


图 1 检测流程图

### 3.1 底层分析法人脸检测

底层分析涉及对图像的关键属性如边界、灰度、颜色、尺寸等进行详细比较和分析，以提取必要的检测特征。在人脸识别中，我们观察到脸部不同区域的灰度特性具有显著差异。例如，眼睛、眉毛、嘴唇等区域的灰度变化相对于脸部其他部分更为细微。基于这一特性，研究者们开发了基于灰度信息的人脸检测方法。这些方法利用水平方向和垂直方向的积分投影技术，能够有效地定位眼睛和眉毛的位置，从而实现精准的眼睛检测与定位<sup>[7]</sup>。

### 3.2 构建双层分类器人眼定位

疲劳驾驶检测的核心在于精确判断驾驶员眼部的睁闭状态，但在此之前，我们首先需要准确地定位驾驶员眼睛在图像中的位置。

为了精确检测眼睛区域，一种有效的方法是先识别出人脸区域，随后在已确定的人脸区域内进一步进行眼睛的检测与定位。这种策略之所以有效，是因为人

脸相较于眼睛包含更多的特征信息，使得人脸检测相对容易且准确。一旦人脸区域被成功识别，就可以大大缩小眼睛定位的范围，从而避免背景图像对眼睛检测造成的干扰，提高检测的准确性。

在构建分类器时，我们选用了 Haar-Like 特征，这种特征通过积分图像技术实现快速计算。最终，通过组合多个训练得到的弱分类器，我们得到了一个高效的分类器。

Haar-like 特征实质上是一种卷积模板，其特征值是通过计算白色矩形区域内像素和与黑色矩形区域内像素和的差值来获取的。这一特征反映了图像中的灰度变化情况。然而，需要指出的是，Haar-like 特征对于图像中某些简单的图形结构，如边缘和线段，具有较高的敏感性，因此它更擅长描述具有特定走向（如水平、垂直、对角）的结构。

根据特征的结构和用途，Haar-like 特征通常被分为三类：线性特征、边缘特征和点特征（也称为中心特征）。这些不同类型的特征在图像处理中各自扮演着重要的角色，如图 2 所示。

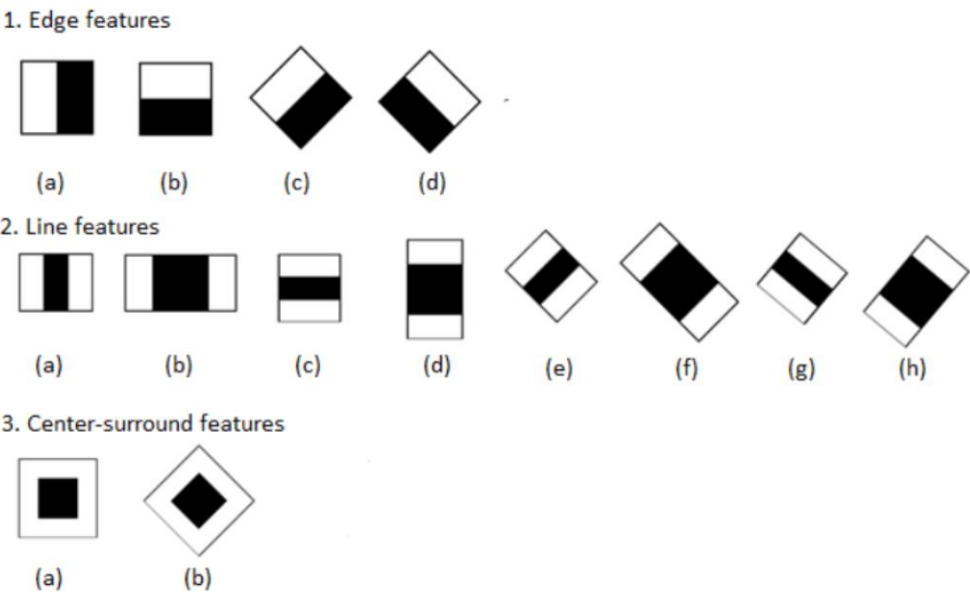


图 2 Haar-like 特征分类

双层 AdaBoost 分类器是一个对人脸各部位的级联过程，整体由两部分组成，为人脸 AdaBoost 分类器和人眼 AdaBoost 分类器[8]。

首先，从摄像头中提取一帧视频图像，对其进行扫描并开始人脸检测，这一阶段采用较大的检测窗口。

接着将已经标定的人脸区域按照“三庭五眼”的人脸结构（如图 3），进一步划分出人眼的大概区域，送入人眼 AdaBoost 分类器，最后输出人眼部分的特征。

双层 AdaBoost 分类器在降低人眼检测误识率方面表现出色。由于人脸特征丰富且相对固定，AdaBoost 算法在训练人脸样本时能够采用较高的阈值而依然保持高识别率。这一特性使得人脸检测的误识率相对较低。进一步地，我们可以利用已经准确检测到的人脸信息来辅助人眼检测，从而有效地排除因嘴巴或背景干扰而产生的误识。这种方法在保持原有检测率的同时，显著降低了人眼检测的误识率。

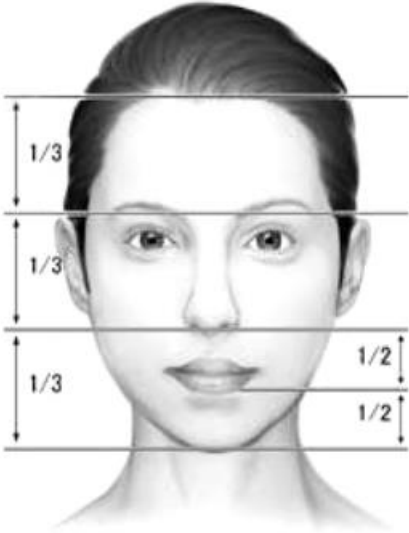


图 3 人脸的“三庭”标准图

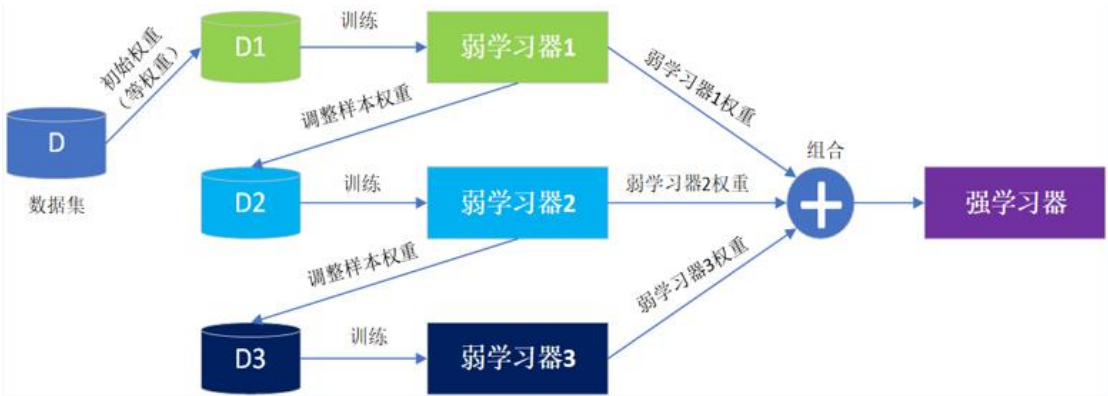


图 4 Adaboost 训练流程

### 3.3 基于椭圆拟合的人眼状态

眼睛状态的核心评判标准在于眼睛的睁开程度，这一程度直接关联于人眼轮廓的精准描绘。鉴于最小二乘法在复杂对象轮廓拟合中的卓越表现，包括其高效性和高拟合精度，我们团队决定采用这一方法来精确拟合人眼的轮廓。具体而言，我们利用最小二乘法分析拟合椭圆的长短轴比例，从而精确判断人眼当前的开启状态。

最小二乘法在拟合椭圆时，其核心原理是通过计算边缘点集到理想椭圆的最小距离平方和，进而确定椭圆拟合的最优化参数集合。这种方法不仅能够有效捕捉人眼轮廓的细微形状变化，还能通过拟合的椭圆参数直观地反映出眼睛的状态。如图 4 所示，我们展示了利用最小二乘法拟合得到的人眼轮廓椭圆示例，通过这一示例，我们可以清晰地看到拟合结果与真实人眼轮廓的高度吻合[9]。

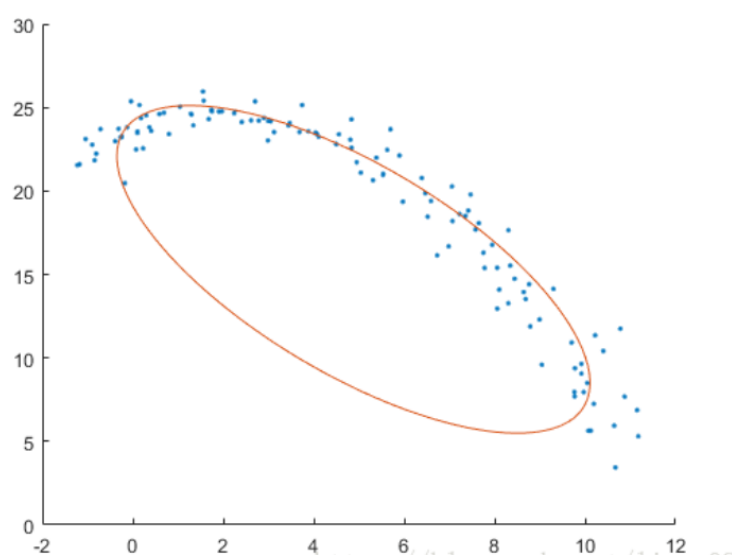


图 5 边缘点拟合椭圆

### 3.4 基于 PERCLOS 标准的疲劳状态分析

当我们处于疲劳状态时，眼睛会从睁开到闭合，再到睁开的状态，反复睁开闭合，所花费的时间变长，且在一定时间段内闭眼时间变长，眨眼次数减少，打哈欠次数增加，人体的疲劳状态就更明显。因此，眼睛闭合时间的长短和打哈欠的次数在一定程度上可以反映人体的疲劳状态。PERCLOS（Percentage of Eyelid Closure over the pupil over time）是指单位时间内眼睛闭合的时间<sup>[10]</sup>。



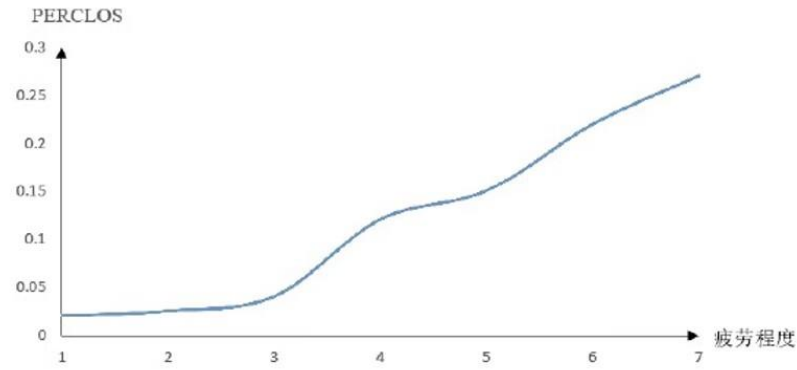


图 6 PERCLOS 与疲劳程度的关系

以时间  $t$  为坐标横轴，以眼睑的开合度为坐标纵轴，设定瞳孔睁开程度的阈值，20%、80%和 100%。图 6 中的曲线变化就表示了眼睛从睁开-闭合-睁开的生理过程。其计算公式为：

$$PERCLOS = \frac{t_3 - t_2}{t_4 - t_1} \times 100\%$$

式中， $t_3 - t_2$  表示眼睛从 20%瞳孔闭合到 20%睁开状态所用的时间； $t_4 - t_1$  表示眼睛瞳孔从 20%睁开到 80%程度所用的时间。

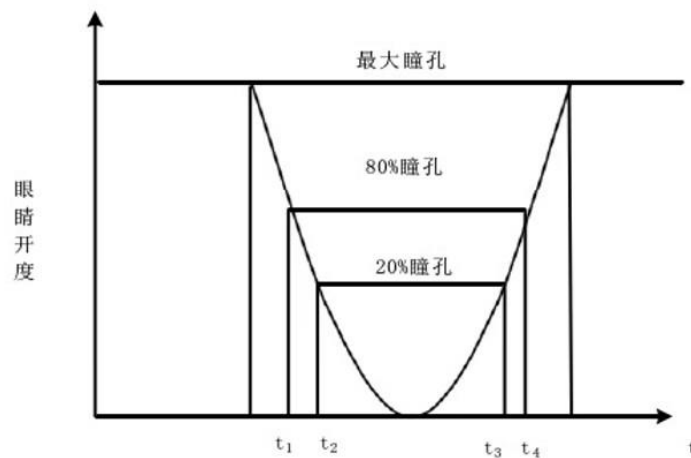


图 7 PERCLOS 计算原理

## 四、实验分析

### 4.1 实验步骤

- 1、运行设计的 GUI，将拍摄的视频进行分帧导出处理
- 2、将导出的图片一张一张的进行识别并通过计算 PERCLOS 值判断疲劳状态。

实验结果设计如下三种状态：包括正常、疲惫、睡着三种状态。

#### 4.2 系统性能评价指标

实验揭示：当驾驶人正常行驶时，我们可以让系统认为眼睛处于睁开的状态。反之，则处于疲劳状态。

对三组测试视频集的人眼状态分析的结果如下表三所示。

测试视频图像清晰，背景状态良好，测试集 1 代表是驾驶员的清醒状态，其它部分则表示驾驶员的非正常或疲劳状态，测试集 2 是疲劳状态，其它有部分清醒状态，测试集 3 是睡着状态，其它有部分清醒状态。

表 1 系统评价分析

测试集	测试 1	测试 2	测试 3
正确率%	91.60	84.23	90.52

#### 4.3 实验结果分析

实验结果揭示了基于椭圆拟合的人眼状态识别方法具备一定的有效性，然而，该方法在实际应用中受到了一些限制。首先，眼部图片的分辨率和清晰度对识别效果具有显著影响。其次，眼睛的睁闭状态，特别是半睁开半闭合的微妙变化，往往带有较强的主观性，这在一定程度上影响了识别的准确率。因此，当前实验结果尚不能作为普遍适用的结论。为了提高人眼状态识别的准确率和鲁棒性，未来的研究可以考虑融合更多的特征信息。这些特征可能包括图像的纹理、颜色、形状等多种属性，以及结合机器学习算法进行特征提取和分类。通过综合利用多种特征信息，有望进一步提升人眼状态识别的准确性和可靠性。



(a) 睁眼状态（正常） (b) 半睁眼状态（疲劳） (c) 闭合状态（疲劳）

图 1 眼睛轮廓椭圆拟合部分结果图

## 五、总结

疲劳驾驶是一个严重的交通安全隐患，对道路安全和人员生命构成威胁。为了有效预防和减少因疲劳驾驶导致的交通事故，本文利用计算机图形学技术来监测和评估驾驶员的疲劳状态。通过实时捕捉驾驶员的面部图像，结合先进的图像处理和分析技术，可以准确地识别驾驶员是否出现疲劳迹象，并在需要时提供及时的安全警报或自动干预。

## 六、参考文献

- [1] 林广宇,魏朗.基于数字图像的汽车驾驶员行驶状态判别[J].计算机工程,2007,33(22):193-194.
- [2] 梁路宏,艾海舟,基于人脸检测的人脸追踪算法.计算机工程与应用,2001.17: 42-45
- [3] 吴康华.基于 PERCLOS 的驾驶疲劳检测系统设计[D].杭州:浙江大学信息学院,2008
- [4] 张劲.安全驾驶中的人脸表情识别技术研究[D].南京:南京理工大学计算机应用专业,200
- [5] 贾永红.数字图像处理[M].武汉:武汉大学出版社,2003
- [6] 朱振华 , 吴晓娟 , 王磊 , 等 . 基于眨眼持续时间的司机疲劳检测方法 计算机工程,2008:34(5):201-206
- [7] Li Ying, Lai Jianhuang, Ruen Pongchi. Muti-template ASM and Its Application in FacialFeature Points Detection. Computer Research and Development,2007,44(1):133-140
- [8] Gerry E.Warning system for fatigued drivers nearing reality with new eye data[J]. Seience Dai]y Agazine, 1997, (7): 25-30
- [9] 王荣本,郭克友,储江伟.适用驾驶员疲劳状态监测的人眼定位方法研究[J].公路交通技术 2,003,20(5):111-114
- [10] 夏芹, 宋义伟, 朱学峰. 基于 PERCLOS 的驾驶疲劳监控方法进展[J]. 自动化技术与应用,2008, 27(6): 43-46
- [11] 郑培. 机动车驾驶员驾驶疲劳测评方法的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2001