

“基于图像的驾驶员生理状态监测”开题报告

516030910020 叶东誠

516030910008 李青弈

516030910016 王子阳

2019 年 3 月 30 日

1 应用背景

驾驶员疲劳驾驶、情绪不佳和分心驾驶往往是严重车祸的主要诱因。

其中疲劳驾驶造成的交通事故占总数的 20% 左右，占特大交通事故的 40% 以上^[1]。

驾驶员情绪不佳同样是事故发生的一大诱因，据报纸报道^[2]，据 2015 年江苏省公安厅交警总队的数据显示，去年路怒行为（包括强行变更车道、强超强会、违法抢行、占道行驶、不按规定让行等）在全省引发事故占事故总量的 9.6%。

分心驾驶目前主要表现在日常驾车过程中发生的接打电话、玩手机发微信、低头捡东西等行为。据统计，2014 年全国统计的简易交通事故（财产轻微损失、人员轻微受伤的交通事故）656.3 万起，其中由于分心驾驶行为导致的交通事故共有 309.9 万起，占到全部简易事故的 47.22%。2014 年，一般以上交通事故中因分心驾驶行为导致的交通事故共有 74746 起，占事故总数的 37.98%。此类行为往往是由于驾驶员精神松懈导致的注意力不集中。

如果能够持续监测驾驶员的生理状态，在其生理状态不佳时向驾驶员提出警示，并提供相应处理建议，可以有效降低发生交通事故的风险和频率。

经调查发现，现已存在不少用途相近的项目。总结已有项目的监测方法，大致分为四类：

1. 基于车辆行驶状态
2. 基于驾驶员生理信号
3. 基于驾驶员图像
4. 基于驾驶员语音

对于对车辆行驶状态的监测，其监测结果与驾驶员驾驶习惯、车辆硬件条件密切相关，做出的判断条件难以适用于绝大多数的车辆及驾驶员。

对于生理信号的监测，如脑电信号、心电信号、肌电信号等，需要驾驶员佩戴相关监测设备，多数设备不便单人操作佩戴、造价高昂难以推广。

对于驾驶员图像识别的监测对设备要求不苛刻，可以通过一个摄像头完成加一台 pc 完成，实现起来较为简单，成本也可接受。经过机器学习训练的数据集对人脸的情绪判断准确程度很高，同类项目准确率可达 99.64%^[3]。因此本项目的研究方向在实用性、可推广性上有很大优势。

在对驾驶员图像识别的同类项目中，存在不少值得学习之处。在夜间可用度上，有同类项目使用红外图像作为输入^[4]，扩大了项目的可使用的时间范围。有同类项目使用分类器算法，对面部和手部的运动特征进行监测^[5]。此方向历年的专利申请数量从 2002 年开始逐年增长，在 2013-2015 年达到顶峰^[6]，与人脸识别技术的发展密切相关。在 2016 年后申请数量有所下滑。

2 用户分析

1. 驾驶员：侧重货车司机、出租车司机。监测系统能实时对用户状态进行合理提醒。提醒方式不影响用户正常驾驶，不烦人。系统价格低廉。系统无需手动操作。
2. 乘客：监测系统能实时对驾驶员状态进行合理提醒。提醒方式不影响用户正常驾驶，不烦人。
3. 汽车厂商：监测系统成本低。监测系统能降低事故发生几率。

3 设计方案

3.1 概述

本监测系统使用一个普通摄像机持续采集驾驶员的正面图像，通过图像识别模型对驾驶员图像进行状态判断，把判断结果放入数学模型中进行一段时间内驾驶员的生理状态评估。针对不同的评估结果，实时对驾驶员做出不同的提示。

3.2 事先准备

3.2.1 所需工具

1 个摄像头，1 台电脑。

3.2.2 准备工作

采集 60000 份样本数据（驾驶员图像和对应状态），训练图像识别模型。用 10000 份测试数据（驾驶员图像和对应状态）对该模型进行评估，要求准确性达到 95%。

把摄像头架设在仪表盘上，正对驾驶员的面部。在电脑上部署监测系统，把摄像头与电脑相连。

3.3 工作流程

驾驶员行驶过程中，摄像头以每秒 30 帧持续采集驾驶员图像。

监测系统先对驾驶员面部进行定位，然后持续追踪驾驶员面部和眼睛，对这部分图像进行预处理（去模糊）和筛选（筛去重复度高的图像），将有效图像传入图像识别模型，实时分辨驾驶员状态。驾驶员状态分为：

1. 正常
2. 分神
3. 有困意

4. 睡觉

5. 愤怒

检测系统综合最近 1 分钟内的状态，进行驾驶员状态评估，实时更新评估结果。评估结果分为：

1. 正常

2. 有一定风险

3. 非常危险

评估结果为“正常”，系统不提醒；评估结果为“有一定风险”，系统每隔 1 分钟，语音提示“请小心驾驶”；评估结果为“非常危险”，系统发出刺耳警报声，每隔 10 秒语音提醒“您正在危险驾驶，建议休息”。

3.4 局限性

1. 监测系统高度依赖人脸识别结果，只有准确识别人脸才能进行后续的状态判断。如果摄像头移位或者故障，系统很可能无法正常工作。
2. 疲劳判断基于驾驶员眼睛图像。当驾驶员眼部被遮挡（比如佩戴墨镜），系统就无法进行驾驶员疲劳状态的判断。

4 创新点

1. 针对驾驶员情绪的监测
2. 监测系统既有一段时间的评估结果提醒，也有实时状态提醒
3. 采集的图像有预处理，系统鲁棒性更高

5 可能的技术方案

5.1 驾驶员疲劳判断

5.1.1 PERCLOS

PERCLOS(Percentage of Eyelid Closure) 是驾驶员疲劳状态检测系统研究领域公认的疲劳状态评判标准。PERCLOS 值为某一段时间里眼睛闭合时间所占的百分比。在一段时间里，眼睛闭合时间越长，PERCLOS 值越大，从而反映出驾驶员的疲劳程度越严重。目前，PERCLOS 有 P70、P80 以及 EM 三种标准。1999 年，美国联邦公路管理局进行了大量相关的实验研究。实验结果表明，PERCLOS 中的 P80 标准与疲劳发展程度的可靠性最好，与实际疲劳驾驶检测情况最为接近。^[7]

图 1 表示一次眼睛闭合时，眼睛开合程度随时间的变化关系。设 PERCLOS 值为 f ，则有

$$f = \frac{t_3 - t_2}{t_4 - t_1} \times 100\% \quad (1)$$

设每次眨眼的闭眼时间为 t_k ，测量总时间为 T ，那么一段时间内的 PERCLOS 值为

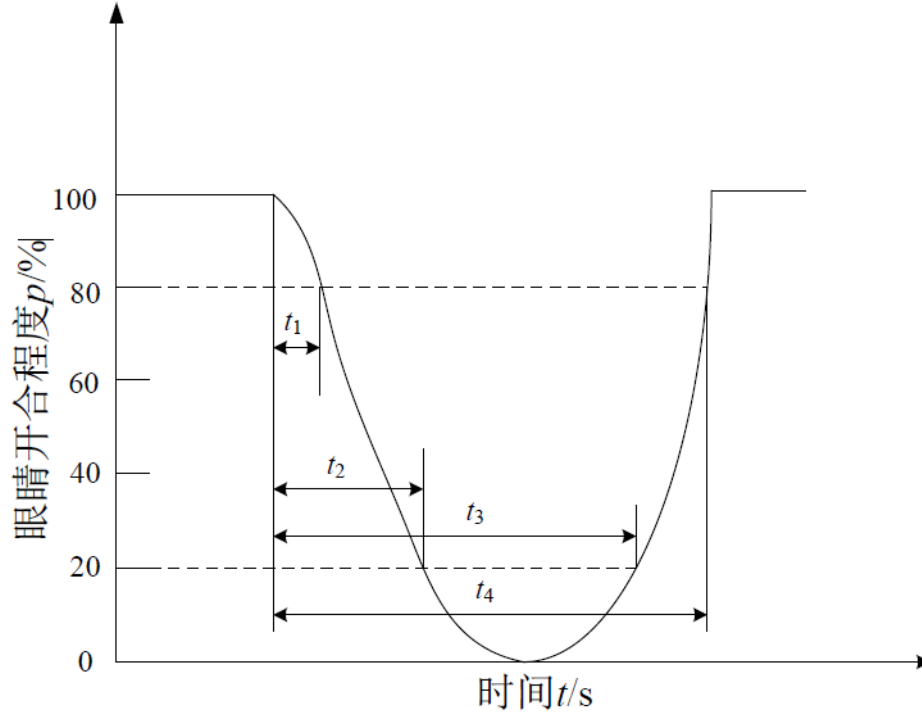


图 1: PERCLOS 测量原理的曲线图^[7]

$$F = \sum_{k=1}^n t_k / T \quad (2)$$

如果一段时间 T 内, $F > 40\%$, 则可以判断驾驶员处于疲劳驾驶状态。另外, 若在一次眨眼动作中, 驾驶员眼睛连续闭合时间达到了 $3s$ 以上, 则也可以判定该驾驶员正处于疲劳驾驶状态。

5.2 面部实时跟踪

5.2.1 基于肤色特征的人脸定位方法

采用肤色分割与积分投影相结合的算法来进行人脸图像处理。将肤色分割后, 为了给后续积分投影定位创造更有利条件, 对肤色分割后的图像进行了 Otsu 二值化、形态学操作以及连通区域标记, 最后通过积分投影来完成定位工作。

经大量实验检测证, 该方法检测速度快, 检测精度高, 满足实时性检测要求。^[7]

5.2.2 DSST 算法

DSST(Discriminative Scale Space Tracker), 是一种加入尺度信息的相关滤波器跟踪算法。

5.3 人眼追踪

5.3.1 Adaboost 算法

根据文献 [7], 具体算法流程如下:

1. 给定一系列训练样本 $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$, $x_i \in X, y_i \in Y$ 。 $Y_i = 0$, 表示负样本; $Y_i = 1$, 表示正样本。

2. 初始化权重

当 $Y_i = 0$ 时 $w_{i,j} = 1/2m$ 或 $1/2l$, 其中, m 表示正样本数目, l 表示负样本数目, 样本总数为 $n = m + l$ 。

3. 令 $t = 1, 2, \dots, T$ 。在 T 轮循环训练中, 进行如下操作:

(a) 对样本权重进行归一化操作, 定义如下:

$$W_{t,i} = \frac{w_{t,i}}{\sum_{j=1}^n w_{t,j}} \quad (3)$$

(b) 计算每个特征 j 的弱分类器 $h_j(x_i)$ 。分类误差公式为:

$$\varepsilon_j = \sum_{i=1}^n w_i |h_j(x_i) - y_i| \quad (4)$$

(c) 从 ε_j 选出具有最小分类误差 ε_t 的弱分类器。

(d) 更新样本权重, 定义如下:

$$W_{t+1,i}(x_i) = W_{t,i}(x_i) \beta_t^{1-e_i} \quad (5)$$

其中, $e_i = 0$ 时, x_i 被正确分类; $e_i = 1$ 时, x_i 分类错误。 $\beta = \frac{\varepsilon_t}{1-\varepsilon_t}$, 得到的更新后的样本权重分别为:

$$W_{t+1,i}(x_i) = W_{t,i}(x_i) \beta_t \quad (6)$$

$$W_{t+1,i}(x_i) = W_{t,i}(x_i) \quad (7)$$

(e) 最后, 经过上述循环后得到的强分类器为:

$$H = \begin{cases} 1, & \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \geq 0.5 \sum_{t=1}^T \alpha_t \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (8)$$

其中, $\alpha_t = \frac{1}{2} \ln(\frac{1-\varepsilon_t}{\varepsilon_t})$ 。

5.4 图像识别

5.4.1 Tensorflow

Tensorflow 由 Google 开发, 是 GitHub 上最受欢迎的机器学习库之一。

根据文献 [9], 用 tensorflow 实现 CNN 表情识别:

1. 数据集处理: 将每个点的灰度除以图像最大灰度, 进行归一化, 这样神经网络的计算效率比较高。
2. 数据扩展: 对图片进行不同细微裁剪、左右对称处理。
3. 搭建模型: 见图 2
4. 模型训练
5. 模型测试

type	kernel	stride	pad	output	dropout
input				42×42×1	
convolution1	5×5	1	2	42×42×32	
pooling1	3×3	2		21×21×32	
convolution2	4×4	1	1	20×20×32	
pooling2	3×3	2		10×10×32	
convolution3	5×5	1	2	10×10×64	
pooling3	3×3	2		5×5×64	
fully-connected1				1×1×2048	40%
fully-connected2				1×1×1024	40%
output				1×1×7	

图 2: 网络结构^[9]

6 项目工作计划及分工

6.1 开题报告分工

- 叶东誠：查找机器学习的技术解决方案。整合开题报告。
- 李青弈：建立软件架构，整理出特点，用途，优势，预计达到的效果以及局限性。
- 王子阳：进行背景调研，调查已有的同类系统。制作开题报告 PPT。

6.2 工作计划

1. 拍摄模拟驾驶图像。搭建程序框架。
2. 建立 tensorflow 模型，进行训练、验证和测试。实现驾驶员面部识别和面部、眼睛追踪。
3. 实现驾驶员疲劳判断功能。实现驾驶员状态评估功能。实现系统提醒功能。
4. 测试系统的有效性和鲁棒性，并记录数据。完成课题报告。

分工如下：

- 叶东誠：搭建框架，建立 tensorflow 模型，参与驾驶员状态评估功能和系统提醒功能制作。

- 李青奔：拍摄实验图像，撰写课题报告。对系统进行测试。
- 王子阳：完成面部识别和面部、眼部追踪功能，完成驾驶员疲劳判断功能。

参考文献

- [1] KHUNPISUTH O, CHOTCHINASRI T, KOSCHAKOSAIV, et al. Driver drowsiness detection using eye-closeness detection[C]// International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems. IEEE, November 26-29, 2017, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 2017: 661-668.
- [2] 江苏“路怒”族引发车祸占总量 9.6% 金陵晚报讯（记者 李有明 通讯员 苏交轩）
- [3] Based on Facial Geometric Features and Hand Motion Characteristics Driver Fatigue Detection
LIU Mingzhou JIANG Qiannan HU Jing (School of Mechanical and Automotive Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009)
- [4] Design of night driver fatigue detection system based on infrared image Huang Sheng, Xu Chaoran
(The Automotive College Of Chang'an University, Shaanxi Xi'an 710000)
- [5] Based on Facial Geometric Features and Hand Motion Characteristics Driver Fatigue Detection
LIU Mingzhou JIANG Qiannan HU Jing (School of Mechanical and Automotive Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009)
- [6] 基于图像分析的疲劳驾驶专利技术综述吕雪霜 DOI: 10.3969/j.issn.1001- 8972.2018.17.002
- [7] 李德武. 基于视频的驾驶员疲劳状态检测方法研究 [D]. 湖南: 湖南工业大学, 2018.
- [8] 曾鸽. 基于深度学习的驾驶员疲劳状态检测研究 [D]. 湖南: 湖南大学, 2018.
- [9] ZiJia.Tensorflow 实现 CNN 表情识别方案.<https://zijiaw.github.io/2018/05/04/Tensorflow>