

# 基于 Android 系统的司机驾驶安全监测系统的实现<sup>\*</sup>

汪旭 陈仁文 黄斌

(南京航空航天大学机械结构力学及控制国家重点实验室 南京 210016)

**摘要:**近年来,交通事故频频发生,疲劳驾驶作为交通事故的主要原因之一,造成了巨大的人员伤亡和财产损失。针对疲劳驾驶问题,本文设计并且实现一套基于 Android 系统的司机驾驶安全监测系统。该系统由搭载 Android 系统的智能车载仪和外接摄像头组成。首先通过外接的 Android 摄像头获取司机驾驶过程中的脸部视频,然后通过 SeetaFace 人脸识别引擎系统和两级级联 MobileNet-V2 训练的模型,实现对人脸的检测和面部关键点的坐标提取。最后利用基于人脸关键点的疲劳算法,实现对司机疲劳的实时监测。在模拟驾驶室的情况下进行实验,实验结果表明,该系统对光照明暗、是否戴眼镜等有较好的鲁棒性,可以在很大程度上,减少事故的发生率,保证驾驶员的驾驶安全。

**关键词:** 疲劳检测;关键点定位;状态分析

**中图分类号:** TN911.73    **文献标识码:** A    **国家标准学科分类代码:** 520.604

## Implementation of driver driving safety monitoring system based on Android system

Wang Xu Chen Renwen Huang Bin

(State Key Laboratory of Mechanics and Control of Mechanical Structures, Nanjing University of  
Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

**Abstract:** In recent years, traffic accidents have occurred frequently, and fatigue driving has been one of the main causes of traffic accidents, causing huge casualties and property losses. Aiming at the problem of fatigue driving, this paper designs and implements a driver driving safety monitoring system based on Android system. The system consists of a smart car instrument with an Android system and an external camera. Firstly, the facial video of the driver during driving is obtained through the external Android camera. Through the SeetaFace face recognition engine system and the two-level cascading MobileNet-V2 training model, the face detection and facial key point coordinate extraction are realized. Finally, the fatigue algorithm based on face key points is used to realize real-time monitoring of driver fatigue. Experiments were carried out in the case of a simulated cab. The experimental results show that the system is robust to light illumination and glasses, and can greatly reduce the incidence of accidents and ensure driver's driving. Safety.

**Keywords:** fatigue detection; key point location; state analysis

## 0 引言

随着社会的发展,全世界的车辆数量在以极快的速度增长。道路交通事故和相关事故已造成大量的人口伤亡。根据世界卫生组织 2015 年的数据,每年道路交通事故导致全世界大约 125 万人死亡,即每 25 s 就会有一个人因交通事故丧命。

据美国国家公路交通安全管理局报告,每年欧洲交通

事故造成的损失约为 1 600 亿欧元。仅在美国,因驾驶员疲劳而导致的交通事故,每年约有 100 000 起。

针对司机疲劳的检测,国内外研究者提出了以下几种方法:1)基于驾驶员的驾驶操作行为特征。主要通过监测司机对踏板和方向盘的操作、座椅压力分布,以及车辆的行车轨迹,来判断司机是否疲劳驾驶;如郭昕刚等<sup>[1]</sup>取车辆的转向、座椅压力分布以及座椅压力分布的不对称系数  $C_u$  作为疲劳驾驶的识别特征指标。利用模块化的思想,设计

收稿日期:2018-12-10

<sup>\*</sup> 基金项目:国家自然科学基金(51675265)、机械结构力学及控制国家重点实验室自主研究课题(0515K01)、江苏省高校优势学科建设工程项目(PAPD)资助

系统的硬件和软件部分,对采集的数据,利用设计的疲劳驾驶识别算法进行分析,确定方向盘的动作频率和座椅压力变化的情况与疲劳状态的相关性;张明明<sup>[2]</sup>通过同步检测司机脑电信号和方向盘握力信号,利用 BP 神经网络方法,建立基于握力信号的疲劳特征参数与基于脑电信号的疲劳程度值之间的联系。2)分析驾驶员的生理状态,通过搭建接触式的实时监测装置,来监测驾驶员的生理特征,包括监测驾驶员的心电波、脑电波以及驾驶员手握方向盘的握力等。王琳等<sup>[3]</sup>通过传感器采集驾驶员股二头肌的生理信号,对其进行快速独立成分分析,分离出肌电信号和心电信号,并采用经验模态分解去噪。在此基础上,提取出肌电信号复杂度、心电信号复杂度和心电信号样本熵 3 个特征参数。综合这 3 个特征参数,来明显区分驾驶员正常和疲劳两种状态。3)基于机器视觉和图像处理的技术。通过采集驾驶员视频帧图像,对驾驶员人脸和人眼进行检测,分析嘴巴的闭合程度、眼睛的闭合程度和眨眼频率,以此来判断驾驶员是否疲劳驾驶。这类方法操作简单;非接触形式的检测,不影响驾驶员的正常驾驶,且鲁棒性好。

本文基于机器视觉以及面部状态的分析,设计一套人脸疲劳识别系统,首先在 Android 车载端进行试验验证。为了提高系统效率,本系统使用 SeetaFace 开源人脸识别引擎进行人脸检测。然后利用改进的级联 MobileNet-V2 实现 27 点人脸关键点检测,将得到的 27 点关键点坐标输入疲劳判定模型,得到疲劳状态。本文所用的是 Rateb Jabbara<sup>[3]</sup>提出的一种新型实时疲劳检测模型。该模型利用深度学习方法,基于关键点坐标设计最小网络结构,将基线模型压缩为轻量级模型,以此识别是否疲劳。该模型可以在 Android 应用程序上高精度地实现,准确度能达到 80% 以上。本系统将人脸疲劳识别植入车载系统,能够快速检测人脸,进行精确人脸关键点定位和疲劳检测,大大提高了检测速度和检测准确度。

## 1 疲劳检测终端系统设计

首先通过外接 Android 摄像头获取司机驾驶过程中的监控视频,然后获取视频帧,帧率为 10 fps,提取每个视频帧作为图像。对得到的图像进行噪声滤波<sup>[4-5]</sup>,然后利用 SeetaFace Detection 进行人脸检测,在人脸检测成功的基础上,利用改进的级联 MobileNet-V2 实现 27 点人脸关键点检测,得到关键点坐标。然后将关键点坐标代入疲劳算法模型,以此判断是否疲劳。其系统流程如图 1 所示。

## 2 人脸检测

为了提高移动端的检测效率,本文采用 SeetaFace 开源人脸识别引擎进行人脸检测。该引擎由人脸检测模块 SeetaFace Detection、面部特征点定位模块 SeetaFace Alignment 以及人脸特征提取与比对模块 SeetaFace Identification 3 部分组成。本文仅使用其人脸检测模块进

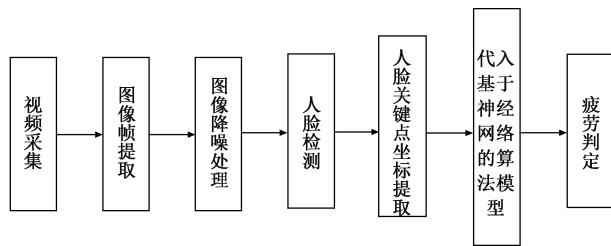


图 1 系统设计流程

行人脸检测,其原理是基于提出的一种结合经典级联结构和多层神经网络的人脸检测方法,其采用的漏斗型级联结构(funnel-structured cascade, FuSt)专门针对多姿态人脸检测而设计,其中引入由粗到精的设计理念,兼顾了速度和精度的平衡。

SeetaFace Detector 可以对旋转角度约 45 度以内的准正面人脸进行准确检测,对于姿态偏转较大的人脸也具备一定的检测能力。此外,与其他算法相比,其在速度上也具有一定的优势。检测结果如图 2 所示。

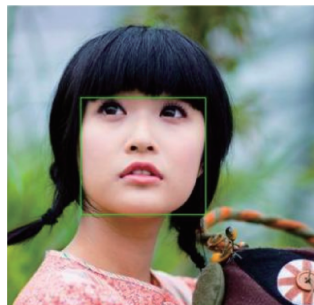


图 2 人脸检测结果

## 3 人脸关键点定位

### 3.1 概述

人脸关键点检测也称为人脸关键点定位<sup>[6]</sup>或人脸对齐,是指给定人脸图像,定位出人脸面部的关键点坐标,包括左右眼角、左右嘴角、鼻子、脸部轮廓等。和人脸检测类似,由于受到姿态和遮挡等因素的影响,人脸关键点检测是一个富有挑战性的任务。

人脸关键点检测方法大致分为 3 种:1)基于 ASM(active shape model)<sup>[7]</sup>和 AAM(active appearance model)<sup>[8-9]</sup>的传统方法;2)基于级联形状回归的方法<sup>[10]</sup>;3)基于深度学习的方法<sup>[11-15]</sup>。目前,基于深度学习的方法已成为人脸关键点检测中的最主要方法。本文也是基于深度学习和级联思想进行人脸关键点的检测。

### 3.2 两级级联 MobileNet-V2 实现人脸关键点检测

为提高检测速率,本实验采用网络结构完全相同的两级级联 MobileNet-V2。第 1 级主要进行粗略的关键点定位;第 1 级输出的关键点定位人脸区域,作为第 2 级的输

入,最终关键点定位信息由第 2 级进行输出。流程如图 3 所示。

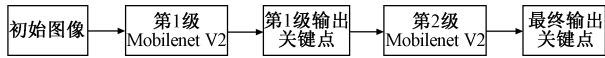


图 3 两级级联 MobileNet-V2 算法流程

MobileNet-V2 由 Google 团队开发,于 2018 年 1 月公布在 arXiv 上,是一种短小精悍的模型,仅数 M 的模型就在 ImageNet 上获得 74.7% 的准确率(top-1),具体分类性能如表 1 所示。

表 1 MobileNet-V2 分类性能表

Network	Top1	Params/M	MAdds/M	CPU
MobileNetV1	70.6	4.2	575	123 ms
ShuffleNet(1.5)	69.0	2.9	292	—
ShuffleNet(x2)	70.9	4.4	524	—
NasNet-A	74.0	5.3	564	192 ms
MobileNetV2	71.7	3.4	300	80 ms
MobileNetV2(1.4)	74.7	6.9	585	149 ms

结合本文实验所需,设计一个输入尺寸为  $48 \times 48$  的 MobileNet-V2,输出 27 点关键点坐标,坐标分布如图 4 所示。

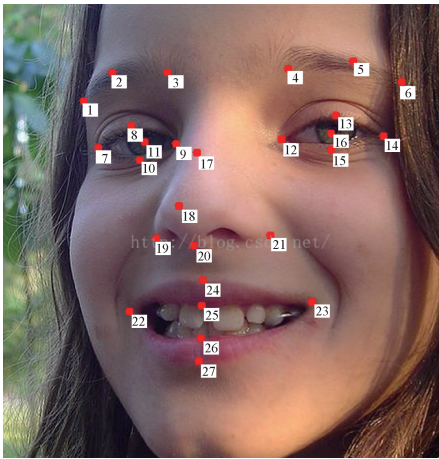


图 4 27 点关键点坐标分布

由图 4 可以看出,27 点关键点能较完整地定位人脸位置,如眼睛、鼻子和嘴巴等。

SeetaFace 自带的人脸关键点检测算法,只能定位出 5 个人脸关键点坐标,不能完整地描述人脸的局部信息,如眼睛的睁闭等。而本文在眼睛和嘴巴等最能直接反应疲劳的部位有较多的关键点坐标,能够更加细致地描述人脸的局部信息。同时相较于 68 点关键点定位,舍去了与疲劳相关度不大的脸部轮廓信息,在不降低检测准确率的同时,极大地提高了检测的效率。

## 4 疲劳判定

### 4.1 多层感知器

多层感知器(multi-layer perceptron,MLP)是一种前馈人工神经网络模型,映射一组输入向量到一组输出向量。MLP 可以被看做是一个有向图,由多个节点层组成,每一层全连接到下一层。除了输入节点,每个节点都是一个带有非线性激活函数的神经元(或称处理单元),其架构如图 5 所示。

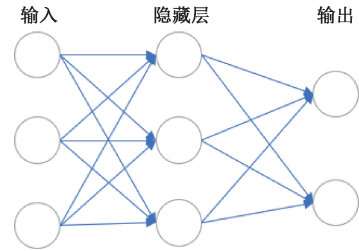


图 5 典型多层感知器架构

单隐藏层的多层感知器可由以下模型函数表示:

$$f(x) = s(W_2(r(W_1x + b_1)) + b_2) \quad (1)$$

式中: $b_1, b_2$  是偏置量; $W_1$  和  $W_2$  是矩阵的权重; $r, s$  是激活函数。此外,隐藏层函数可由函数  $h(x)$  定义:

$$h(x) = r(W_1x + b_1) \quad (2)$$

多层感知器具有训练学习的能力。通过一组包含输入和输出的数据,经历多次迭代,以梯度下降法减小误差,直到实现所需的模型函数。

### 4.2 模型训练

通过两级级联 MobileNet-V2 得到图片的人脸 27 点关键点坐标,作为式(1)和(2)的输入,训练疲劳判定模型。

其训练过程主要分为以下几个步骤:

- 1) 加载数据;
- 2) 对图像进行归一化处理;
- 3) 定义神经网络模型;
- 4) 将神经网络添加到模型;

(1) 设第 1 全连接层神经元数量为 100,由于输入层的节点数为  $27 \times 2$ ,则参数  $W_1 \in R^{100 \times 54}$ ,  $b_1 \in R^{100}$ 。激活函数为  $r_1$ ,则第 1 全连接层的输出为:

$$h_1(x_1) = r_1(W_1x_1 + b_1) \quad (3)$$

(2) 使用 dropout 正则化手段,设 dropout 率为 0.5,表示如下:

$$h_1 - drop(x_1) = dropout(h_1(x_1)) \quad (4)$$

(3) 设第 1 隐藏层的神经元数量为 10,其 dropout 率为 0.5,令  $x_2 = h_1 - drop(x_1)$ ,

则其输出如下所示:

$$h_2 - drop(x_2) = dropout(h_2(x_2)) \quad (5)$$

(4) 设第 2 隐藏层的神经元数量为 10,其 dropout 率为 0.5,令  $x_3 = h_2 - drop(x_2)$ ,则其输出如下所示:

$$h_3 - drop(x_3) = dropout(h_3(x_3)) \quad (6)$$

(5) 设第 3 隐藏层的神经元数量为 10, 其  $dropout$  率为 0.5, 令  $x_4 = h_3 - drop(x_3)$ , 则其输出如下所示:

$$h_4 - drop(x_4) = dropout(h_4(x_4)) \quad (7)$$

(6) 设输出层神经元数量为 2, 利用 softmax 函数对其进行归一化处理。设输出为  $y$ , 则输出应为:

$$y = softmax(h_4 - drop(x_4)) \quad (8)$$

5) 在训练集上利用梯度下降法训练模型;

6) 将模型保存为文件, 以便能够在车载仪等移动设备中使用。

### 4.3 实际设备组成

该设备主要由电源、智能车载平台、外接 Android 摄像头等组成。车载仪自带前摄像头, 用于车辆行车记录; 外接 Android 摄像头用于人脸疲劳实时监测。其主要功能有如下几点:

1) 车辆启动时, 获取驾驶员人脸图像, 上传至终端, 于人脸库照片对比, 判定该驾驶员是否是该车驾驶员; 若未检测到人脸、或人脸不在人脸库中, 将语音提示, 并上传异常报告至终端;

2) 车辆行驶过程中, 实时监测驾驶员驾驶状态, 根据算法判定是否出现疲劳驾驶。若算法判定疲劳, 将语音提示驾驶员疲劳驾驶, 并且上报至终端。

设备实物图如图 6 所示, 图 7 所示为其工作状态图, 红色框定位的是人脸的位置。



(a) 车载仪正面



(b) 车载仪反面

图 6 车载仪实物图

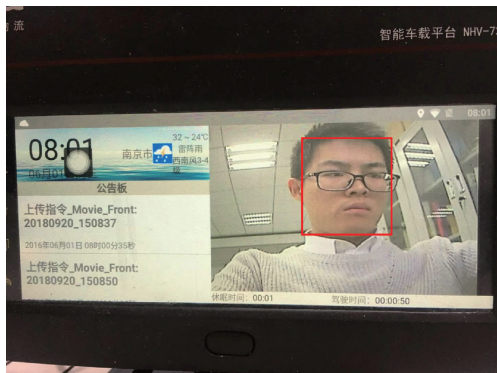


图 7 车载仪工作照片

## 5 检测结果

在重庆优擎智能车载平台基础上, 利用本实验算法, 实现司机驾驶疲劳的实时监测。实验选取 5 名实验人员模拟驾驶环境中出现的打哈欠、眨眼等行为, 进行疲劳检测。为了验证性别是否会对检测结果产生影响, 本实验总共招募了 10 名实验人员, 其中 5 名男性、5 名女性, 分别测试他们在白天不戴眼镜、白天戴眼镜、晚上不戴眼镜、晚上戴眼镜和白天戴太阳镜 5 个条件下进行模拟驾驶。在帧率 10 fps 下, 各选取 60 s 视频进行疲劳检测, 其检测结果分别如表 2 和 3 所示, 其中表 2 表示男性实验员的实验结果, 表 3 表示女性实验员的实验结果。

表 2 男性疲劳判定实验结果

条件	总帧数	实际疲劳次数	检测到疲劳帧数	检测正确率/%
白天无眼镜	600	126	107	84.9
白天戴眼镜	600	135	111	82.2
晚上无眼镜	600	173	136	78.6
晚上戴眼镜	600	118	91	77.1
白天太阳镜	600	152	114	75.0

表 3 女性疲劳判定实验结果

条件	总帧数	实际疲劳次数	检测到疲劳帧数	检测正确率/%
白天无眼镜	600	132	111	84.1
白天戴眼镜	600	123	102	82.9
晚上无眼镜	600	113	90	79.6
晚上戴眼镜	600	157	122	77.7
白天太阳镜	600	121	90	74.4

通过表 2 和 3 可以看出, 该系统总体检测正确率在 80% 左右, 能够较好的进行疲劳检测。同时对比表 2 和 3, 在相同条件下, 其检测正确率基本一致, 说明性别不影响本

系统的检测。在戴眼镜和太阳镜的情况下,检测正确率有所下降,说明眼睛的检测对疲劳检测非常重要。因为在戴眼镜的情况下,对眼睛检测的正确率会有所下降;而在佩戴太阳镜的情况下,无法检测到人脸的状态。结果表明,光的明暗对实验结果也有很大影响,同等条件下,白天的检测成功率比晚上高 6% 左右。对实验数据深入分析,影响系统检测正确率的原因应该是光照、姿态等外界因素的干扰,如光照在人脸上的不均匀分布、人的姿态变化等。

未来的研究重点应该是减少以上因素的干扰。对于光照的影响,可以通过对光照归一化处理,减少光照对准确检测的影响;而对于姿态的影响,可以加入对头部姿态的检测,提取人头部姿态的信息,与本实验算法相结合,采用多信息融合的方法,综合判断疲劳程度。

## 6 结 论

该系统将人脸疲劳检测移植到 Android 移动端,提高了人脸疲劳检测的应用范围。同时基于人脸关键点的疲劳检测,减小了算法的复杂性,提高了检测速率。对于佩戴眼镜和光线的影响,也做了较好的实验验证。但是,对于佩戴眼镜等影响,并没能进行深入的分析并提出更好的解决方案,这也将是今后研究的重点。

## 参考文献

- [1] 郭昕刚,李航.驾驶疲劳检测系统的研究与设计[J].长春大学学报,2017,27(10):1-6.
- [2] 张明明.基于方向盘握力的疲劳驾驶检测研究[D].镇江:江苏大学,2016.
- [3] 王琳,张陈,尹晓伟,等.一种基于驾驶员生理信号的非接触式驾驶疲劳检测技术[J].汽车工程,2018,40(3):333-341.
- [4] 张爱民.一种基于小波变换的夜视图像去噪和融合方法[J].电子测量技术,2015,38(1):38-40.
- [5] 荣霞,薛伟,朱继超.一种新的小波阈值函数在图像去噪中的应用[J].电子测量技术,2016,39(5):84-88.
- [6] 井长兴,章东平,杨力.级联神经网络人脸关键点定位研究[J].中国计量大学学报,2018,29(2):187-193.
- [7] COOTES T F, TAYLOR C J, COOPER D H, et al. Active shape models—their training and application[J].

Computer Vision and Image Understanding, 1995, 61(1):38-59.

- [8] COOTES T F, EDWARDS G J, TAYLOR C J. Active Appearance models[J]. Pattern Analysis & Machine Intelligence, 2001, 23(6):681-685.
- [9] DOLLÁR P, WELINDER P, PERONA P. Cascaded pose regression[J]. IEEE, 2010, 238(6):1078-1085.
- [10] SUN Y, WANG X, TANG X. Deep convolutional network cascade for facial point detection [C]. Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE, 2013:3476-3483.
- [11] ZHOU E, FAN H, CAO Z, et al. Extensive facial landmark localization with coarse-to-fine convolutional network cascade[C]. IEEE International Conference on Computer Vision Workshops, 2014:386-391.
- [12] ZHANG Z, LUO P, CHEN C L, et al. Facial landmark detection by deep multi-task learning [C]. European Conference on Computer Vision, 2014: 94-108.
- [13] WU Y, HASSNER T. Facial landmark detection with tweaked convolutional neural networks[J]. Computer Science, 2015.
- [14] ZHANG K, ZHANG Z, LI Z, et al. Joint face detection and alignment using multitask cascaded convolutional networks [J]. IEEE Signal Processing Letters, 2016, 23(10):1499-1503.
- [15] KOWALSKI M, NARUNIEC J, TRZCINSKI T. Deep alignment network: A convolutional neural network for robust face alignment[J]. 2017 IEEE Conference on Compute Vision and Pattern Recognition Worksh, 2017:2034-2043.

## 作者简介

汪旭,硕士研究生,主要研究方向为图像处理和人脸疲劳检测。

E-mail:1125456300@qq.com

陈仁文(通信作者),博士生导师、教授,主要研究方向为测试技术、无线传感器及网络、能量收集。

E-mail:rwchen@nuaa.edu.cn