

一种基于面部特征点的疲劳人脸图像检测与识别改进算法研究

尹真杰¹, 刘明方¹, 高 峰¹, 张皓天²

¹大连民族大学计算机科学与工程学院, 辽宁 大连

²大连民族大学机电工程学院, 辽宁 大连

Email: yinyuji100@163.com

收稿日期: 2021年6月23日; 录用日期: 2021年7月22日; 发布日期: 2021年7月29日

摘要

研究了基于视频的疲劳人脸检测问题。通过网络爬虫、CEW数据集和现场采集三种方式构建了疲劳人脸检测数据集样本, 通过dlib算法识别人面部的特征点, 提出了一种基于嘴部开合面积的改进判别策略, 作为识别疲劳程度的标志, 测试结果表明, 算法精度较通用算法提升了8%, 达到89%以上, 且具有较好的泛化能力, 为算法的工程化应用奠定了坚实基础。

关键词

疲劳人脸检测, 脸部特征点, 图像处理

An Improved Algorithm for Fatigue Face Image Detection and Recognition Based on Facial Feature Points

Zhenjie Yin¹, Mingfang Liu¹, Feng Gao¹, Haotian Zhang²

¹College of Computer Science and Engineering, Dalian Minzu University, Dalian Liaoning

²College of Mechanical and Electronic Engineering, Dalian Minzu University, Dalian Liaoning

Email: yinyuji100@163.com

Received: Jun. 23rd, 2021; accepted: Jul. 22nd, 2021; published: Jul. 29th, 2021

Abstract

Problem of fatigue face detection based on video is studied. Data set of samples of fatigue face are

文章引用: 尹真杰, 刘明方, 高峰, 张皓天. 一种基于面部特征点的疲劳人脸图像检测与识别改进算法研究[J]. 计算机科学与应用, 2021, 11(7): 2019-2027. DOI: 10.12677/csa.2021.117206

constructed through three methods: web crawler, CEW data set and field collection. Feature points of the human face are recognized through dlib algorithm, and an improved discrimination strategy based on opening and closing area of the mouth is proposed as a recognition method. Test results show that the accuracy of the algorithm reaches 89%, 8% higher than that of the general algorithm, and has good generalization ability, laying solid foundation for engineering application.

Keywords

Fatigue Face Detection, Facial Feature Points, Image Processing

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着经济的发展，汽车已经在人民的生活中日益普及，随即产生的问题是交通事故数量的不断增加。据公安部统计，2019 年中国交通事故发生数量为 24.8 万起，死亡人数连续 10 多年居世界首位。疲劳驾驶引起的事故约占交通事故总量的 25%~30%，而导致的车内人员重伤或死亡人数约占 49%。上述结果表明，疲劳驾驶是重大交通事故的主要因素。研究表明，若驾驶员在危险出现的前几秒收到提示，大量事故可以避免发生，因此开展驾驶员疲劳状态检测研究具有重要意义。

基于图像的疲劳人脸检测研究近年来得到了普遍关注。文献[1]利用红外获取人类眼球特征，对眼球状态进行检测，从而判断测试人员疲劳与否。美国研制的瞌睡预警系统[2]，依据 PERCLOS 算法对人当前的疲劳状态进行判断。PERCLOS 算法[3]也是目前最为常用的基于眼睛状态的检测算法。PERCLOS 是 Percent of eyelid closure Over the Pupil Over Time 的缩写，即：眼睛闭合时间占某一特定时间的百分率。2015 年以来，随着深度学习的快速发展，已经有研究人员采用 YOLO V5 [4]、SSD [5]等卷积神经网络，识别测试者疲劳程度，研究结果表明，在硬件资源充足的情况下，识别的精度较高，但卷积神经网络结构复杂，资源消耗高导致难以在实际项目中得到普遍应用。针对这一问题，为在保障算法精度的同时降低计算量，提升算法的工程应用价值，受 PERCLOS 算法的启发对其进行改进，将嘴部和眼部同时进行检测，提出了一种改进算法，在自建疲劳人脸数据集上进行了测试，取得较好效果，整个算法的流程如下图 1 所示。

2. 数据集构建

2.1. 数据集初始构建

目前学术也尚无疲劳人脸标准数据集，为此通过网络爬虫、CEW 数据集[6]和现场采集等三种方式构建了疲劳人脸检测数据集样本数据集。

编写针对百度图片的爬虫小程序，获得 600 张图片(如图 2 所示)。南京航空航天大学提供的闭眼数据集 CEW (Closed eyes in the wild) (如图 3 所示)包含了 2423 个测试者睁眼与闭眼状态的照片，数据集充分考虑了测试者个体的差异及光照、模糊度、遮挡等因素，通常用于眼睛检测任务的研究，因此从该数据集中手工筛选部分照片用于构建疲劳人脸图片样本[7]。为进一步丰富数据集来源，增加数据的可靠性，项目组邀请实验室部分成员采集 137 张包含打哈欠和眼睛微闭的人脸图片。

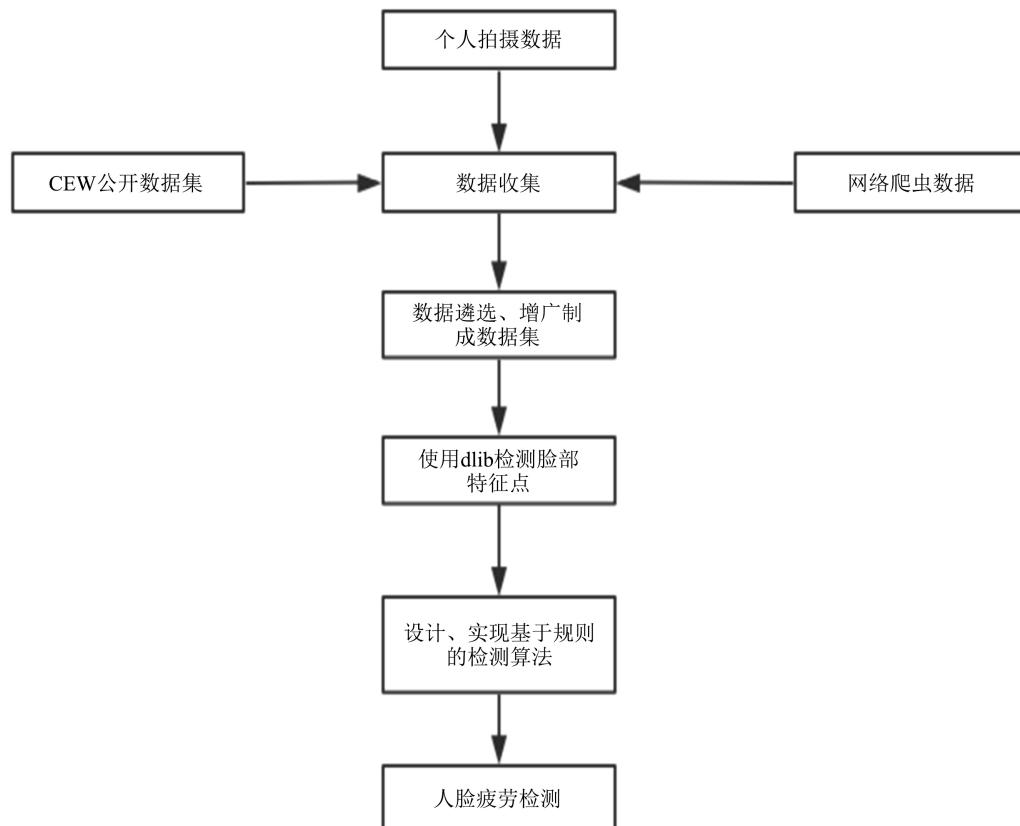


Figure 1. Fatigue face detection algorithm flowchart
图 1. 疲劳人脸检测算法流程图

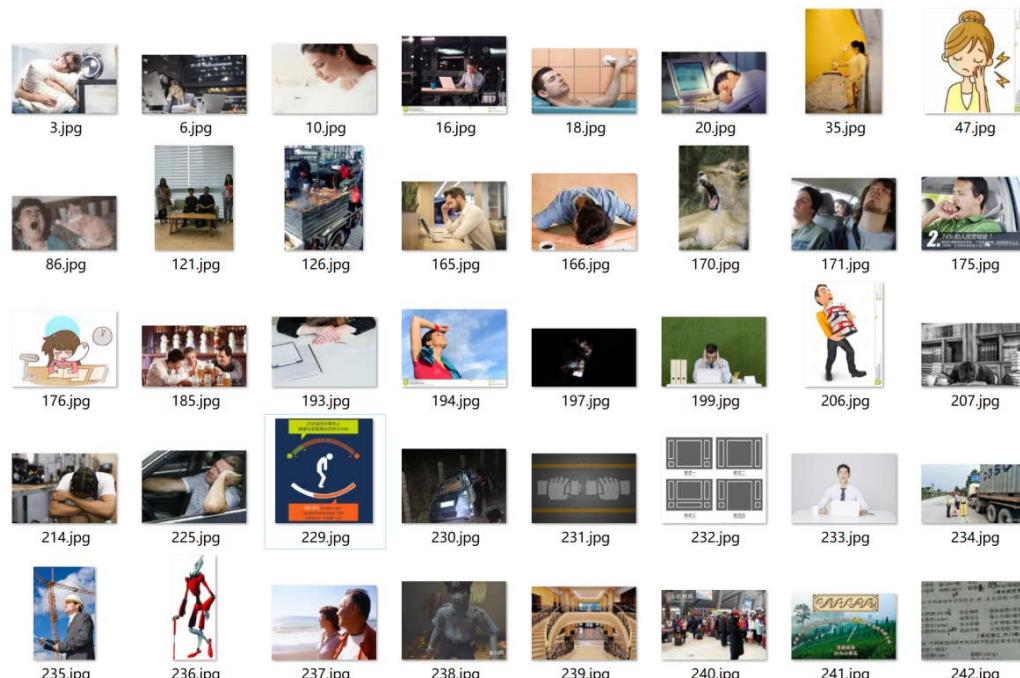


Figure 2. Baidu crawler data
图 2. 百度爬虫数据

**Figure 3. CEW dataset****图 3. CEW 数据集**

2.2. 数据遴选和处理

在构建了数据集后，对数据进行遴选。鉴于上述数据中包括卡通图片之类的干扰，因此进行了人工遴选，使用 opencv [8]的人脸识别工具 haarcascade_frontalface_alt.xml 将图片尺寸统一裁剪为 128*128，随后使用卷积神经网络将数据进行增广操作[9]，将原始数据进行镜像处理、左右反转、随机裁剪等操作，将 128*128 图像随机裁剪为 120*120，再将其尺寸扩增到 128*128；之后添加少量的椒盐噪声[10]。

2.3. 构建最终数据集

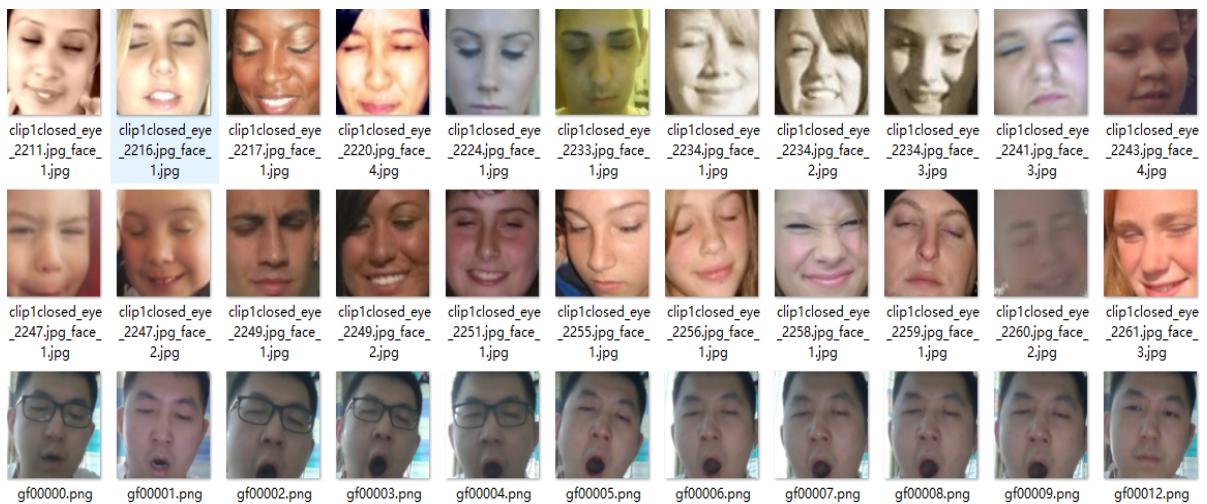
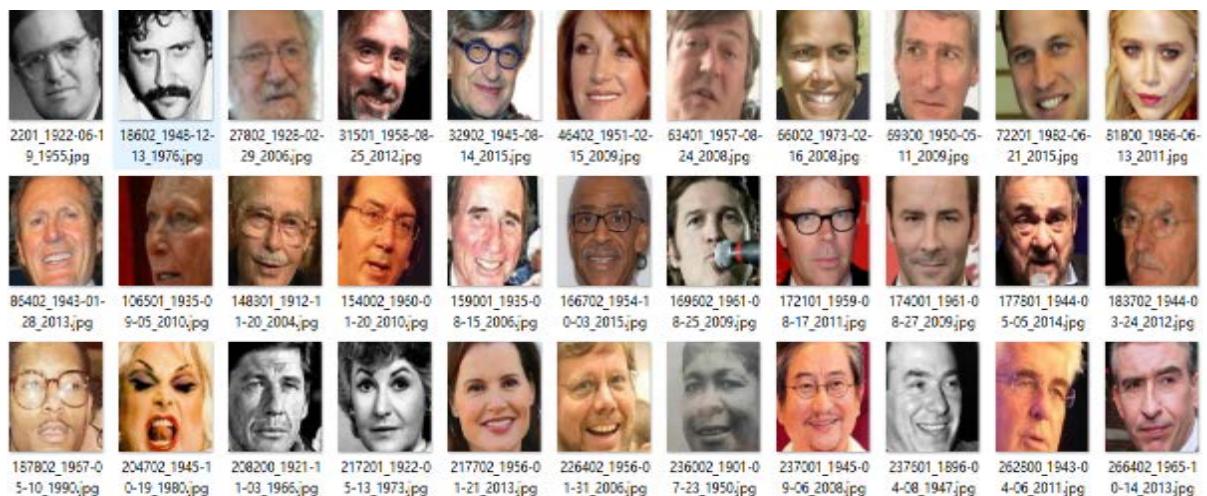
经过遴选和数据处理之后，最终获得的合格的自制数据集样本图像 2390 张，其中正样本 1191 张，负样本 1199 张。样本经过规格化处理，所有样本大小均为 128*128。最终制作好的数据集正负样本如下图 4 和图 5 所示。

3. 使用 dlib 检测特征点

3.1. dlib 简介

Dlib 是一个现代化的 C++ 工具包，包含机器学习算法和工具，可以用于在 C++ 中创建复杂的软件以解决现实世界的问题。它在工业界和学术界中广泛使用，包括机器人、嵌入式设备、移动电话和大型高性能计算环境。其核心原理是使用了图像 Hog 特征来表示人脸，和其它特征提取算子相比，它对图像的几何和光学的形变都能保持很好的不变性。该特征与 LBP 特征[11]、Harr 特征共同作为三种经典的图像特征，该特征提取算子通常和支持向量机(SVM)算法[12]搭配使用，用在物体检测场景。

Dlib 实现的人脸检测方法便是基于图像的 Hog 特征，综合支持向量机算法实现的人脸检测功能，该算法的实现路径如下：对正样本数据集提取 Hog 特征[13]，得到 Hog 特征描述子。对负样本数据集提取 Hog 特征，得到 Hog 描述子。利用 SVM 训练正负样本。利用该模型进行负样本难例检测，也就是难分样本挖掘，以便提高最终模型的分类能力。

**Figure 4.** Positive sample (fatigue)**图 4.** 正样本(疲劳)**Figure 5.** Negative sample (non-fatigue)**图 5.** 负样本(非疲劳)

3.2. 基于 dlib 的人脸特征点识别

使用 python 调用 Dlib [14]，首先需要安装 Dlib 人脸检测库，随后加载模型文件进行 68 个人脸关键点检测，如图 6 所示。

4. 基于规则的改进人脸疲劳算法设计

4.1. 算法设计思路

人在疲劳的状态下，眼睛和嘴巴的变化幅度较为明显，据此给出设计规则的算法初步设计思路：当人的眼睛闭合程度小于某个阈值，且人的嘴巴特征大于某个阈值，就可以判定这个人处于疲劳状态。阈值大小考虑根据网格法设置一定的步长，通过逐点测试的方式寻找最优数值。这整个算法设计思路包括：眼睛和嘴巴定位[15]，及眼睛和嘴巴状态检测。具体步骤如图 7 所示。

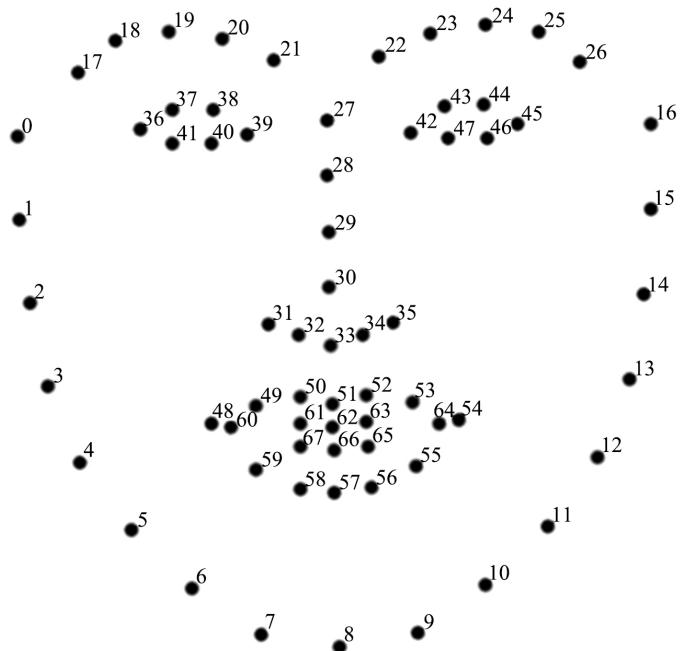


Figure 6. Dlib face detection feature points
图 6. Dlib 人脸检测特征点

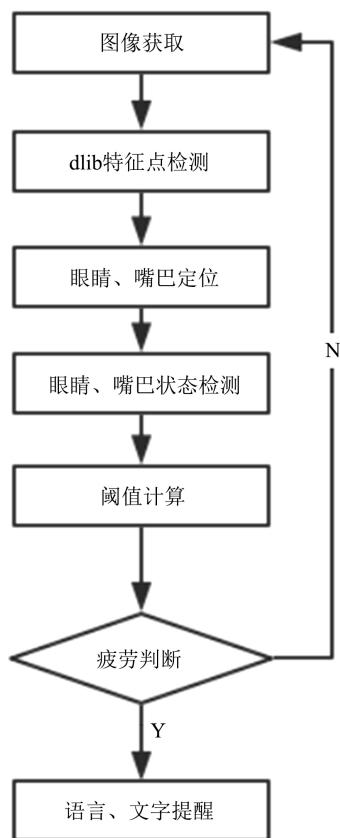


Figure 7. Algorithm design process
图 7. 算法设计流程

4.2. 眼睛、嘴巴定位

目前有很多成熟的算法能够从图像中检测眼睛、嘴巴，例如灰度投影方法，基于可变形模板的定位方法，基于霍夫变换的人眼定位等等，由于前期使用了 dlib 做了人脸特征点的识别，因此只需要找到眼部对应特征点就可以定位眼睛。眼部特征点分别为：36、37、38、39、40、41 和 42、43、44、45、46、47，嘴部的特征点是：48、49、50、51、52、53、54、55、56、57、58、59、60、61、62、63、64、65、66、67。识别到这些特征点等同于眼睛或嘴巴定位。

4.3. 阈值设定、疲劳判断

通过 dlib 定位到眼睛和嘴巴后，围绕眼部和嘴部的特征点进行数据处理。首先，基于眼部的开合程度去做判断[16]，当眼部的长宽比大于某个阈值时，就判定为疲劳。随后，加入嘴巴的判定，采用类似眼部状态识别的方式，当嘴巴的长宽比大于某个阈值时，就判定为疲劳。试验结果表明，单纯依靠眼部和嘴巴的特征，算法精度有限。

针对上述问题，为进一步提升算法可靠性，将眼睛和嘴巴特征进行结合，进行人类疲劳特征检测判断。取前 30 帧图像的平均值作为眼睛判别的阈值；与此同时，采用嘴巴部分面积大小作为判断人脸疲劳的另一特征，当眼睛特征小于某一阈值且嘴巴面积大于某一阈值时，则判定其处于疲劳状态。整个算法的逻辑图如下图 8 所示。

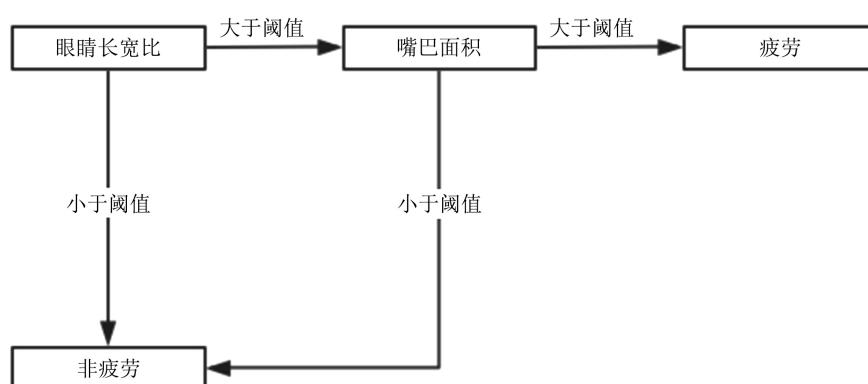


Figure 8. Threshold and fatigue judgment logic
图 8. 阈值与疲劳判断逻辑

算法具体情况如下。将 dlib 检测到的 36、37、38、39、40 和 41 这 6 个围绕眼部的特征点进行处理：将 36、39 的横坐标之差作为眼睛的长，将 37、38、41、40 的纵坐标之差作为眼睛的宽，随后计算长宽比。在获取了嘴巴的 60、49、50、51、52、53、64、55、56、57、58、59 这 12 个特征点后，将其分成 10 个三角形，计算每个三角形的面积，通过累加求和计算嘴巴的总面积。当眼睛长宽比大于某一阈值，且嘴巴也大于某一阈值时，则判定此时被测试人是疲劳状态。采用网格法[17]获取最佳阈值，最终确定眼睛长宽比的阈值设定在 2.95，嘴巴面积阈值为 2150。

5. 实验结果与分析

5.1. 实验硬件与软件

代码实现的环境为：Windows10 操作系统、Python 语言、IDE 是 Pycharm，系统的硬件环境为 Intel(R) Core(TM)i5-4200M CPU 处理器。

5.2. 结果与分析

为测试论文提出的算法的有效性，基于项目自建的数据集，进行了 10 个状态、20 组，总共 200 次的泛化测试，每次状态识别时间为 15 秒，最终的结果为：正确 178 次，错误 22 次，识别的效果图如下图 9 和图 10 所示，同时采用通用算法进行了对比实验，结果如表 1 所示。



Figure 9. The detection status is fatigue

图 9. 检测状态为疲劳

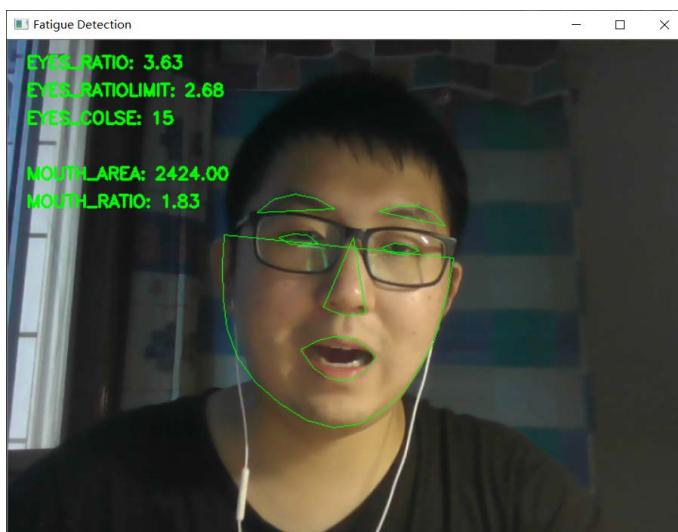


Figure 10. Test status is non-fatigue

图 10. 检测状态为非疲劳

Table 1. Design algorithm and general algorithm recognition rate (%)
表 1. 设计算法与通用算法识别率(%)

算法	本算法	通用算法
识别率	89	81

6. 结语

通过网络爬虫、CEW 数据集和现场采集三种方式构建了疲劳人脸检测数据集样本，基于 dlib 的人脸特征点检测方法，设计了一种基于眼睛和嘴巴特征结合的改进检测算法，进行人类疲劳特征检测判断。测试结果表明，算法精度较通用算法提升了 8%，达到 89%，且具有较好的泛化能力，提升了算法的工程应用价值。

参考文献

- [1] 周玉彬, 俞梦孙. 用红外图像实时跟踪和监测眼睛的方法[J]. 北京生物医学工程, 2003, 22(2): 104-108+103.
- [2] 万玉丽, 谢金法. 一种基于 PERC LOS 驾驶员疲劳检测方法的实现算法[J]. 农业装备技术, 2009, 35(2): 25-28.
- [3] 郭永彩, 李文涛, 高潮. 基于 PERC LOS 的驾驶员疲劳检测算法[J]. 计算机系统应用, 2009, 18(8): 54-57.
- [4] Yang, G., Feng, W., Jin, J., Lei, Q., Li, X., Gui, G., et al. (2020) Face Mask Recognition System with YOLOV5 Based on Image Recognition. 2020 IEEE 6th International Conference on Computer and Communications (ICCC). Chengdu, 11-14 December 2020, 1398-1404. <https://doi.org/10.1109/ICCC51575.2020.9345042>
- [5] Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C.-Y., et al. (2016) SSD: Single Shot Multibox Detector. European Conference on Computer Vision, Amsterdam, 8-16 October 2016, 21-37. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0_2
- [6] Riddell Jordan, R. and Worrall John, L. (2021) Predicting Firearm and CEW Displays as Police Officers' Response to Resistance. *Journal of Criminal Justice*, **72**, Article ID: 101775. <https://doi.org/10.1016/j.jcrimjus.2020.101775>
- [7] Zhao, L. (2018) Driver Fatigue Detection Based on Deep Learning and Multi-Source Facial Dynamic Behavior Fusion. Dissertation, Shandong University, Jinan.
- [8] 周倩, 王军, 王亮亮. 基于 OpenCV 轮廓逼近的 Android 简单图形识别[J]. 福建电脑, 2016, 32(2): 122-123.
- [9] 毕佳晶, 李敏, 郑蕊蕊, 许爽, 贺建军, 黄荻. 面向满文字符识别的训练数据增广方法研究[J]. 大连民族大学学报, 2018, 20(1): 73-78.
- [10] 李永盛, 何佳洲, 刘义海, 赵国清. 基于图像检测识别的数据增强技术[J]. 舰船电子对抗, 2021, 44(1): 66-70.
- [11] 林森, 王鑫磊, 陶志勇. 基于混合 Gabor 滤波器与加权中心对称 LBP 的掌纹识别[J]. 光电子·激光, 2021, 32(5): 515-523.
- [12] Lv, X., Wang, H., Zhang, X., Liu, Y., Jiang, D. and Wei, B. (2021) An Evolutional SVM Method Based on Incremental Algorithm and Simulated Indicator Diagrams for Fault Diagnosis in Sucker Rod Pumping Systems. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, **203**, Article ID: 108806. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.108806>
- [13] Fredericks, J., Hill, D.E., Hawkins Cooper, D.S., Fournet, V.M., Calero, L.J., Adams, B., Johnson, A., Barrow, M., Aquino, J., Mahmoud, T., Murphy, V., Barlow, A., Patel, P., George, M., Chehab, N., Kramer, M. and Bauer, N.E. (2021) Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in Market Hogs Collected from U.S. Slaughterhouses. *Journal of Parasitology*, **107**, 404-410. <https://doi.org/10.1645/20-142>
- [14] 刘兆丰. Dlib 在人脸识别技术中的运用[J]. 电子制作, 2020(21): 39-41+7.
- [15] 徐来, 周德龙. 人眼检测技术的方法研究[J]. 计算机系统应用, 2010, 19(6): 226-232+139.
- [16] 杨杰, 陈万培, 乔延婷, 韩恒. 嵌入式驾驶疲劳检测系统设计[J]. 计算机与数字工程, 2021, 49(4): 740-743+749.
- [17] Dai, Y., Wang, J., Li, Z., Wang, G., Yin, X., Yu, X. and Sun, Y. (2021) Thermal Performance Analysis and Experimental Study of High-Speed Motorized Spindle Based on the Gradient Descent Method. *Case Studies in Thermal Engineering*, **26**, Article ID: 101056. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101056>