

文章编号:1672-058X(2013)04-0039-05

# 基于ASM和眼嘴自动标点的差距化疲劳识别

王筱薇倩, 杨会成, 费琛, 杨惠

(安徽工程大学电气工程学院, 安徽 芜湖 241000)

**摘要:**人的眼睛和嘴巴是面部当中最能表现状态的重要因素,准确有效的提取它们特征的能够应用于多种场合;针对经典弹性图匹配算法中人脸特征点的定位问题,通过手工标定特征点,用可变形状模型(ASM)法对人眼和嘴部定位点训练,然后使能够机器自动标定,通过匹配后计算与正常状态的点的差距,从而对驾驶员驾驶过程中疲劳状态进行检测和警告;仿真实验得出结论表明:此法能利用短时间,快速且较为准确的识别疲劳。

**关键词:**可变形状模型(ASM);自动标定;差距化;疲劳检测

**中图分类号:**TP273

**文献标志码:**A

近年来,随着人们的生活压力等因素造成在驾驶过程中事故的频发,在行驶过程中,提醒驾驶员不要疲劳驾驶,时刻保持驾驶员警惕性成为当前社会公共安全的一种迫切需要。但由于人脸是一种复杂的三维非刚性物体,伴随着表情,姿态和光照条件的变化,使得人脸的识别比传统刚性物体的识别更加困难。国内外,每年都有大量相关的文章出现。目前,常见的人脸识别算法有特征脸方法(Eigenface)、SVD分解方法、神经网络方法、支持向量机方法和弹性图匹配方法(EGM)等。其中基于模板匹配的弹性图匹配方法由于其具有较高的识别率,并且在一定程度上对背景、视角、表情、光照等不敏感而备受重视。本文提出了一种标定特征点和模板特征点比对差距的驾驶员疲劳检测的方法。

## 1 疲劳驾驶特征

所谓疲劳驾驶,作为一个行动比较确定的机械化行为,由于驾驶员身体和精神上一直处于长时间的操作,处于一个恒定持久的单一状态,会出现情绪低落现象。驾驶员的疲劳状态可通过面部视觉图像进行判断,尤其是眼睛和嘴巴的判别等这些特征是明显的,也是可以被检测到的,驾驶员精力充沛时,眼睛是有一定的几何大小的,有些许疲劳时,眼睛睁开的面积可能会变小,当疲劳程度已经比较严重的时候,他的眼睛可能会有一瞬几秒的闭合。通过对眼睛和嘴巴的仔细追踪,实时的定点比对,可以及时发现并对驾驶员发出报警信号,从而提醒驾驶员小心驾驶,警惕自己的疲劳。但是,单纯的依靠眼睛,警报的准确率是不高的。在此引入嘴巴的特征。如果驾驶员频繁的打哈欠状态或者长时间处于说话张嘴状态,比如与他人说话或者打电话在,都是精神不集中,反应速度降低的表现。

收稿日期:2012-09-12;修回日期:2012-11-18.

作者简介:王筱薇倩(1988-),女,安徽合肥人,硕士研究生,从事自动检测与控制系统研究.

### 1.1 眼部疲劳特征判别

通过取一定时间内的图片,然后计算闭合的图片的比例。如果占的比例大,说明时间长,说明疲劳严重。据一些资料表明用摄像机获取驾驶员的脸部图像,分帧后,经过识别确定眼睛是睁开还是闭合的,判别只需看眼睑遮住瞳孔的面积大小。比如说:用超过 74% 的大小的闭合认为是疲劳,或者用遮住超过 85% 的大小认为是眼睛闭合了。但是在实际中瞳孔的闭合程度不容易测,可行的简化方法是计算眼睛的闭合百分比  $m$ 。 $m$  计算公式如下:

$$m = 1 - \frac{n_1}{n_2} \quad (1)$$

式(1)中, $n_1$ ——当前人眼睁开高度; $n_2$ ——人眼睁开最大高度;对于人眼睁开时的大小的定义是存在难度的,因为这个数据是因人而异的,经过统计可以得到一个估值,虽然不可能对何一个人人都适用,但是仍然是有一定的使用度的。选择 4 s 为一个测试周期,每秒的监视频率为 12 帧,也就是一个测量周期会选取 48 张图片。用上述方法当大于 0.4,有将近 10 张图片被判定为闭合状态时,则认为该人的情绪和机能处于疲劳状态,上述算出来结果处于 0.1~0.4 之间时,判定为精神不饱满状态,当  $m$  处于 0.1 以下,判定精神饱满。

### 1.2 嘴巴疲劳特征

人的嘴部的在生活中的状态有闭合、普通张嘴和张大嘴。人在说话或者笑的时候也会张开一定程度,甚至疲劳和大笑时是一样大的弧度。不能只根据偶尔一张图的驾驶员嘴部的状态来断驾驶员的状态。要将嘴型的比例和采集图片张大嘴的帧数放在一起比较。比如人打哈欠可以取 2 s 的视频,如果有 24 帧图像都是哈欠状态,肯定疲劳。在此采用不同于眼部的这种方法,采用嘴部长宽比的方法。如果 1 s 是 25 帧的图像,那么全部图像更可能都是哈欠状态。那么一般哈欠都在 4 s 以上,提取 4 s 当中,1 s 12 帧的图像,如果有大半数以上的图片都是张大嘴,且张开的比例达到下面所说的疲劳的比例即可判断。

嘴部区域的形状在图像当中只能绝大部分通过嘴唇的定点采集到。如图 1 所示,选取如下各个嘴部区域特征: $A$  点为人的右嘴角标记点, $B$  为人的左嘴角标记点, $C$  点为人的上嘴唇中心最上点(可能实际操作中人的嘴唇比较薄就近选择成人的上嘴唇中心), $D$  点为人的下嘴唇中心最下点(可能实际操作中人的嘴唇比较薄就近选择成人的下嘴唇中心),因此有如下定义:

(1) 嘴部轮廓的最大宽度  $M$ 。人的右左嘴角标记点之间可以达到的正常的距离,即线段  $AB$  的长度。

$$M = AB$$

(2) 嘴部轮廓的最大高度  $L$ :人的上嘴唇中心最上下中心点的各种状态距离,即线段  $CD$  的长度。

$$L = CD$$

实验得出,闭嘴时候  $M:L$  之比约为 4:2,普通张嘴 4:3,张大嘴时候  $M:L$  约为 4:4。眼睛和嘴巴上标记点后,读出长宽比,与模板对应。通过新标记点和疲劳帧数与模板图像对比,得出是否疲劳。

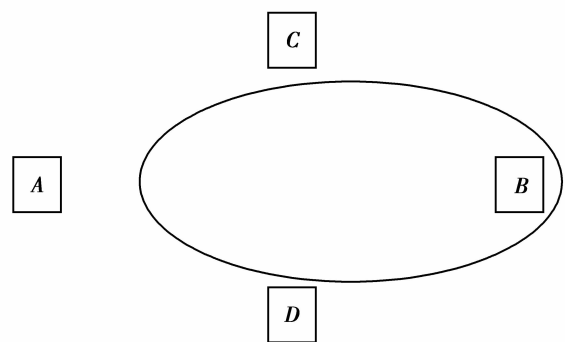


图 1 嘴型区域图

## 2 基于ASM模型的特征点定位

主动形状模型(ASM)是一种物体形状描述技术,最早Cootes等人提出的。它的基本思想是选取一组训练样本,用一组特征点来描述样本的形状,然后对各样本的形状进行配准(使得形状尽可能地相似),对这些配准后的形状向量利用主分量分析方法进行统计建模得到物体形状的统计学描述,最后利用建立的模型在新的图像中搜索物体轮廓,从而定位出目标物体。

ASM是一种敏感的算法,主要敏感于初始状态。初始状态好不好与否直接影响最终搜索结果,所以要给予最优的初始状态,就要提出一种新的方法——最佳阈值分割法。单独使用ASM不能获取很精确的结果。因此,在此使用ASM与贝叶斯最佳阈值相结合的方法,利用最佳阈值给ASM提供一个合理的初始状态。另外,ASM中的一个核心部分是用统计的方法建立所考察对象的形状模型。这样的定义方法是可以推广的,例如可以用点的2-D坐标,也可以用3-D坐标,还可以加上时间轴的坐标。为了建立统计模型,需要有大量样本。同样在这些训练标本上需要仔细地标定好上述用来表征目标形状的点,这些点的选取精度和样本的丰富性直接影响所建立的形状模型的应用性能。

### 2.1 最佳阈值分割

阈值分割法的特点是:适用于目标与背景灰度有较强对比的情况,而本文要研究的问题所处环境正是强对比性的环境下。采用基于贝叶斯分类算法的图像最佳阈值分割。图像预处理结果如图2所示。

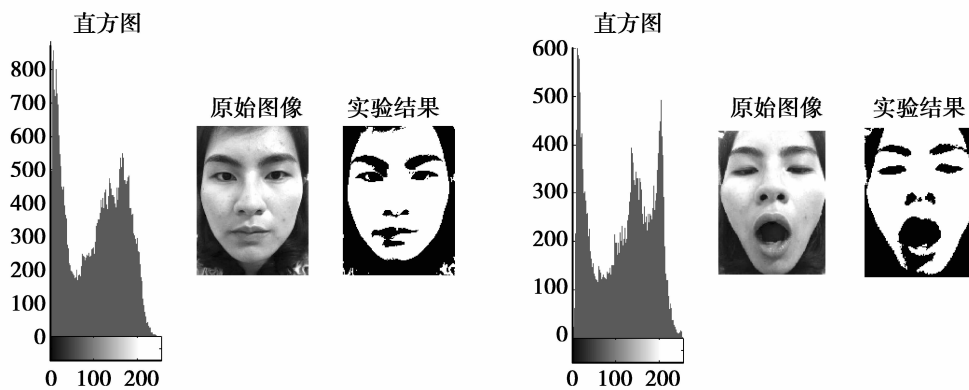


图2 最佳阈值分割处理

### 2.2 眼睛和嘴部标准化

标准化过程通常是经过一个简单的迭代过程来实现的,这个过程可用以下流程描述(原点,形状标准化配准):将每个样本位移到它的中心处;取某个样本作为初始的平均形状的估计值 $x_0$ ,它的尺度设成 $|x_0| = 1$ ,并将该初始估值设为默认的参考帧;将所有的样本向当前的平均形状作对齐(向量 $x_2$ 与 $x_1$ 对齐,即将 $x_2$ 进行面内旋转、坐标平移、尺度缩放得到 $x'_2$ ,定义距离 $d(x_1, x_2)$ ,并使其最小);重新计算新的样本平均值;将新的平均值按照默认的参考帧标准化;如果新的平均变化小于某个阈值,认为收敛,否则继续迭代直至收敛。

### 2.3 训练集建模

得到调整好的训练样本后,就可以对训练集统计分析建模,所得到的样本集可看作是一堆点 $x$ 的集合。现在的任务是找这样一个参数模型 $x = M(b)$ ,其中 $b$ 是模型的参数向量。如果给一个参数 $b$ ,应能用该模型生成一个 $x$ ,并且这样的 $x$ 是有意义的。如果还能进一步得到模型的参数分布 $P(b)$ ,用该模型解出适当的参数 $b$ ,进而完成对原始图像的解释。

下面是利用PCA方法进行形状模型建模的流程:

(1) 计算样本的均值。

$$\bar{V} = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} V^j \quad V = \{V^j\}, j = 0, \dots, N-1$$

(2) 计算样本的协方差矩阵。

$$W = (x - \bar{x})(x - \bar{x})^T$$

(3) 计算协方差矩阵  $W$  的特征值,并按特征值从大到小排序,即大的在最前面,小的在最后面,  $p_i (i = 1, 2, \dots, M)$  为对应的特征向量。

(4) 令  $P = [p_1, p_2, \dots, p_j], 1 \leq j \leq M$ , 在主要分析中,将特征向量称为这组数据的主要成分,  $P$  称为这组数据的主要成分矩阵。如上建立的模型可以表示如下:

$$x = \bar{x} + P * b \quad (2)$$

对于任何一个形状向量  $x$  都可由参数  $b$  确定,即

$$b = P^T(x - \bar{x})$$

向量  $b$  即是所得到的模型参数,通过变化参数  $b$ ,可以变化形状向量以得到期望的结果。

通常假定参数  $b$  的分布是独立同分布的且都是高斯分布的,则每一个参数  $b$  则都满足如下分布:

$$\log p(b) = -0.5 \sum_{i=1}^j \frac{b_i^2}{\lambda_i} + const$$

为了从参数  $b$  得到有效的形状,应对参数  $b$  作如下的限制:

$$\log p(b) = -0.5 \sum_{i=1}^j \frac{b_i^2}{\lambda_i} + const \leq threshold$$

亦即:

$$\sum_{i=1}^j \frac{b_i^2}{\lambda_i} \leq M_j$$

更简单的形式是参数  $b$  满足:

$$|b_i| \leq 3 \sqrt{\lambda_i} \quad (3)$$

式(3)表明每一个特征值实际上在假设参数是独立同分布的高斯分布时是参数的方差。为了保证模型生成的例子同原来的训练样本一致,上面的约束条件是必要的。

#### 2.4 ASM 模型的搜索算法

主动形状模型的搜索过程是一个启发的迭代搜索,其过程如下:

- (1) 由模板的形状系数  $b$  和式(2)重构出归一化的形状,再由几何变换参数生成当前的特征点集  $s = G_r(b)$ ;
- (2) 对特征点集中的每一个点  $S_i$ ,根据局部特征模型沿着发现方向在一定范围内寻找最佳的匹配点,这些最佳匹配点的集合就是更新后的特征点集  $S'$ ,搜索的步长和采样间距相同;
- (3) 把更新后的特征点集与基准特征集合对齐,得到新的集合参数  $P'$  和  $x'$ ,使用式(6)可以得到形状系数  $b$ ;
- (4) 使用先验模型  $p(b)$  约束更新后的形状;
- (5) 循环至收敛。

在主动形状模型算法中,如果特征点搜索的最佳匹配点和当前点的距离不大于采样间距时,认为这个点是收敛的。当收敛的特征点数达到总数的 90%。

在求局部纹理模型时  $2k+1$  个点的灰度表达式:

$$g_{ij} = (g_{ij1}, g_{ij2}, \dots, g_{ij(2k+1)})$$

灰度梯度表达式:

$$d_{gij} = (g_{ij2} - g_{ij1}, g_{ij3} - g_{ij2}, \dots, g_{ij(2k+1)} - g_{ij(2k)})^T$$

灰度值标准化:

$$y_{ij} = d_{gij} / \left( \sum_{l=1}^{2k} |d_{gijl}| \right)$$

标准灰度梯度的均值:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_{ij}$$

$N$ 幅图标准灰度的协方差:

$$S_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_{ij} - \bar{y}_j)(y_{ij} - \bar{y}_j)^T$$

马氏距离求法:

$$f(i) = (h_i - \bar{y}_j)^T S_j^{-1} (h_i - \bar{y}_j)$$

### 3 实验和结果

实验采用 YALES 和自建的人脸数据库,是研究人脸识别问题常用的标准测试数据库。人脸数据库包含了 15 人,共 165 幅人脸图像,大小为  $400 \times 400$  像素。实验过程中只考虑姿态几乎不变的人脸图像,且把图像归一化为  $100 \times 100$  大小。选取 100 幅图像作为训练图像,且在每幅训练图像上手工标定 24 个特征点,定位过程中,选取人脸的 4 个眼角点及两个嘴角点为引导,建立 ASM 的初始模型,并通过  $\|F - \bar{F}\|$  对人脸图像尺寸归一化,如图 3、4 所示。



图3 部分人脸定位图

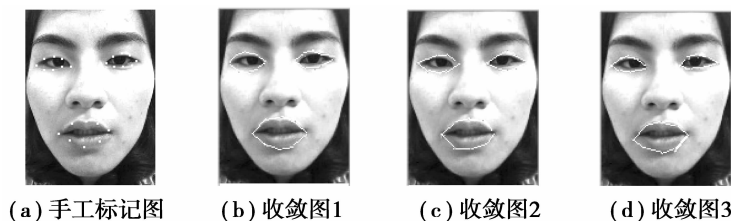


图4 特征点定位部分收敛图

### 4 结论

首先,在程序中预存一些有特点的图片,对这些图片进行处理,进行手工描点同时建立与图片相对应的数据存储文件,然后使用编辑好的 Matlab 程序进行处理,由于 ASM 模型是基于统计的模型,所以这项工作是有必要的,程序生成一个大致的人脸模型,再对所处理的图片自动对人脸器官进行收敛。实验结果表明,算法比传统的 ASM 算法有更高的平均定位准确率和更短的平均搜索定位时间,用动态模型的匹配方法来适应表情变化的人脸图像主要特征点的定位。由于最后只需要眼角 4 个点和嘴角 4 个点的长宽,那么对于定位人脸当中缺失部分人眼,没有造成过多影响,仍不妨碍判别。

**参考文献:**

- [1] 庄连生,张浩,杨俊安,庄镇泉. 基于 ASM 的人脸特征点自动标定[J]. 电路与系统学报,2006,11(3):2-4
- [2] 韩艳丽,杨慧宇,苏伟. 基于分形和肤色模型的自然态人脸检测方法研究[J]. 计算机工程与设计,2009,30(1):251-255
- [3] 陶亮,庄镇泉. 复杂背景下自动人眼定位[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2003,15(1):95-116
- [4] 丁嵘,等. 使用关键点信息改进弹性匹配人脸识别算法[J]. 电子学报,2002,30(9):123-127
- [5] 丁嵘,等. 使用部件信息改进弹性匹配人脸识别[J]. 光电子激光,2002,13(8):55-59
- [6] 张志斌,陈阳月,杨玉珍. 基于 Blackfin533 的驾驶疲劳实时检测预警系统[J]. 计算机测量与控制,2008,16(11):1567-1570
- [7] HAMARNEH G, GUSTAVSSON T. Statistically Constrained Snake Deformations [D]. Image Analysis Group, Chalmers University of Technology, IEEE, Sweden, 2000. 66-78
- [8] YI K, WOO M, KIM S, et al. An Experimental Investigation of a CW/CA System for Automobiles Using Hardware-in-the loop Simulation. San Diego[D]. Proceeding of American control conference. 2005. 724-728
- [9] H S R-L, JA A-K. Face detection in color images[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(5):696-706
- [10] HYUNJONG K, JEONHO S, JOONKI P. Wavelet Transform-based Active Shape Model for Object Tracking Intelligent Signal Processing and Systems, 2004. 256-261
- [11] TAKAHASHI A, ASANUMA N. Introduction of HONDA . ASV-2 [M]. USA: Proceed of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2000

## The Fatigue Recognition Based on ASM and the Gap of the Eyes and Mouth Automatic Punctuation

**WANG Xiao-weiqian, YANG Hui-cheng, FEI Chen, YANG Hui**

(School of Electrical Engineering, Anhui Polytechnic University, Anhui Wuhu 241000, China)

**Abstract:** The eyes and mouth are one of the most important factors to perform status in a face, accurately and effectively extracting their features can be used in a variety of situations. According to elastic chart matching algorithm for classic face feature points in the localization problem, this paper, through the manual calibration points, uses variable shape model (ASM) method to train the human eye and mouth location point, then lets the machine automatically calibrate through calculating the gap between them and the normal points after matching, and provides detection and warning to the driver with fatigue during driving. The emulational experiment shows that this method can identify fatigue quickly and more accurately in a short time.

**Key words:** Active Shape Model (ASM); automatic calibration; gap; fatigue test

责任编辑:代小红