

积分投影与活动轮廓相结合的人眼疲劳识别

邢益良¹, 张荣国¹, 邵永波¹, 刘焜²

(1. 太原科技大学计算机科学与技术学院, 太原 030024; 2. 合肥工业大学机械与汽车工程学院, 合肥 230009)

摘要: 提出积分投影与活动轮廓相结合的方法识别人眼疲劳。使用活动轮廓检测眼睛, 计算轮廓倾斜度并旋转摆正眼睛图片。对眼睛区域进行垂直积分投影计算, 生成垂直积分投影二值波形。计算波形的3个特征值, 识别眼睛张开或闭合状态。实验结果证明, 该方法具有简单、有效和快速等优点, 并可适用于人眼倾斜的情况。

关键词: 积分投影; 活动轮廓; 人眼疲劳识别

Eyes Tiredness Recognition Combining with Integral Projection and Snake Model

XING Yi-liang¹, ZHANG Rong-guo¹, SHAO Yong-bo¹, LIU Kun²

(1. School of Computer Science and Technology, Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024;

2. School of Mechanical and Automotive Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009)

【Abstract】 This paper puts forward a method combining with integral projection and Snake model to identify human eye tiredness. It uses Snake mode to detect the eyes, computes the contour of a face to locate eye position, then rotates the eye image to a suitable position. Vertical gradation integral projection is measured to calculate the region around eye, and becomes a waveform picture of vertical gradation integral projection. It calculates the value of the waveform's three characteristics and uses it to recognize if the eye is in an open or closed state. Experimental results show that this method is simple, effective and fast, and it can also be applied in the inclination of the human eye.

【Key words】 integral projection; Snake model; eyes tiredness recognition

疲劳驾驶识别系统对消除交通事故和保障人们的生命安全都具有特别的意义。本文提出一种结合积分投影与活动轮廓模型检测人眼疲劳的方法。文献[1-2]改进了活动轮廓^[3], 使其收敛到边缘的凹陷处并具有自适应性, 文献[4]改进活动轮廓并应用于人眼检测。积分投影^[5]具有简单快速等优点, 但不能应用于人眼倾斜的情况, 而本文提出的方法不仅具有积分投影法的优点, 而且还能适用于人眼倾斜的情况。

1 人眼图片倾斜旋转摆正预处理

采集的人眼图片可能倾斜或不倾斜。当积分投影直接运用于倾斜的人眼图片时, 并不能很有效地检测到眼。因此, 需要对倾斜的人眼图片进行倾斜旋转预处理, 摆正人眼图片。当使用活动轮廓模型收敛到人眼时, 眼睛活动轮廓已经携带有包括人眼倾斜度的几何特性。因此, 可以通过活动轮廓计算出眼睛的倾斜度并旋转图片摆正人眼, 再使用积分投影运用于人眼图片。设眼睛轮廓表示为

$$E_{eye} = \int_0^1 [E_{contour}(s) + E_{image}(s)] ds \quad (1)$$

它包含最左端轮廓控制点 $L(x_1, y_1)$ 和最右端轮廓控制点 $R(x_2, y_2)$ 。首先计算出通过眼睛轮廓的最左端轮廓控制点 L 和最右端轮廓控制点 R 的直线的斜率 ek ; 运用反正切三角函数计算斜率 ek 所对应的倾斜角度 ea ; 把图片按计算出的角度 ea 进行旋转摆正。 ek 和 ea 的计算公式为

$$\begin{cases} ek = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1) \\ ea = \text{atan}(ek) \end{cases} \quad (2)$$

对倾斜的眼睛进行摆正的过程如图1所示。

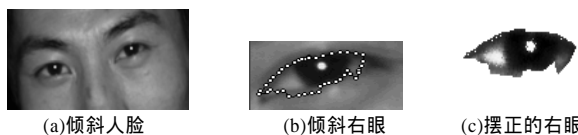


图1 倾斜人眼的摆正过程

2 眼睛垂直积分投影

假设 $I(x, y)$ 表示点 (x, y) 处的像素灰度值, 在区间 $[x_1, x_2]$ 和 $[y_1, y_2]$ 内的垂直积分投影函数 $S_v(x)$, 则:

$$S_v(x) = \int_{y_1}^{y_2} I(x, y) dy \quad (3)$$

为了能用波形表现偏暗的灰度变化, 对函数进行修改可得到新的积分投影函数:

$$S_v^1(x) = \int_{y_1}^{y_2} (255 - I(x, y)) dy \quad (4)$$

$$I_v = S_v^1(x) / 255 \quad (5)$$

其中, I_v 表示垂直积分投影产生的二值波形。

当图像某一系列像素的灰度值发生变化时, 这种变化会在

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50775060); 太原市科技计划基金资助项目(08122053)

作者简介: 邢益良(1979-), 男, 硕士研究生, 主研方向: 计算机图形图像处理; 张荣国, 教授; 邵永波, 硕士研究生; 刘焜, 教授、博士、博士生导师

收稿日期: 2009-08-15 **E-mail:** xylok@tom.com

$S_v^1(x)$ 的值上反映出来。因此, 可以通过积分投影函数波形的分析提取出图像中的特征。当眼睛张开时, 由于受眼珠灰度的影响, 其积分投影二值波形是具有一个主峰的波形; 当眼睛闭合时, 由于没有受眼珠的影响, 其积分投影二值波形是一个扁扁的波形。为消除毛刺的影响, 可对波形进行中值滤波平滑波形。

张开眼睛的垂直积分投影如图 2 所示。

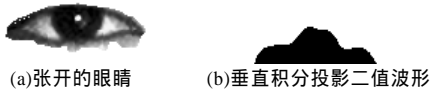


图 2 张开眼睛的垂直积分投影

闭合眼睛的垂直积分投影如图 3 所示。

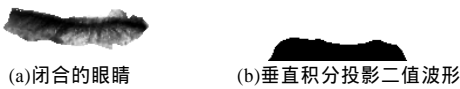


图 3 闭合眼睛的垂直积分投影

可以看出, 张开眼睛的垂直积分投影波形具有峰波、波形面积明显较波形外接矩形面积小和波形宽高较接近等特点。闭合眼睛的积分投影具有波形平坦、波形面积接近波形外接矩形面积和波形扁长等特点。因此, 可以根据积分投影波形的这几个特征对眼睛张开和闭合状态进行识别。

3 波形特征参数计算及人眼疲劳识别

3.1 波形特征参数计算

眼睛图像经过积分投影计算后, 得到二值波形, 对眼睛闭合的判断即转化为对二值波形特征的识别。由于二值波形具有较明显的特征而且容易计算, 因此比对眼睛图像直接进行眼睛闭合判断简化许多。二值波形具有 3 个明显的特征, 其计算过程如下:

(1) 波形的面积和波形外接矩形面积之比 $ratewaverect$ 。面积可由物体的像素数表示。分别计算出波形面积 $areawave$ 和波形外接矩形面积 $arearect$, 再使用波形面积除以波形外接矩形面积即得到面积比 $ratewaverect$ 。

$$ratewaverect = areawave / arearect \quad (6)$$

(2) 波形宽高比 $ratewh$ 。波形的宽可由波形外接矩形的宽 w 表示。波形的高可由波形外接矩形的高 h 表示。波形的宽除以波形的高即得到宽高比 $ratewh$ 。

$$ratewh = w / h \quad (7)$$

(3) 波形平坦度 $waveblank$ 。闭合眼睛的垂直积分投影波形平坦。张开眼睛的垂直积分投影波形具有峰波。需要识别出波形是平坦型还是峰波型, 可通过平坦度 $waveblank$ 对平坦型波形识别。设波形高度为 h , 波形分为上下两部分。上部分高度为 $h_1=r \times h$, 下部分高度为 $h_2=(1-r) \times h$, r 的参考值为 0.2。计算出波长长度 L 和波形上部分波长 L_1 。波形平坦度 $waveblank$ 计算公式为

$$waveblank = L_1 / L \quad (8)$$

波形平坦度的参数图示见图 4。

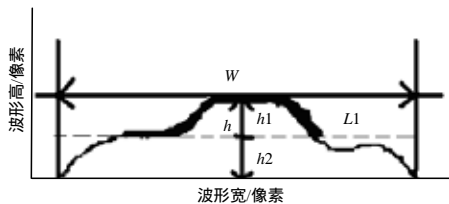


图 4 波形平坦度参数图示

其中, 较粗部分的边长是 L_1 , 波形周长为 L 。从直观上理解, 就是当整个波形的边大部分集中到波形顶部, 则波形是平坦的。从式(9)的角度理解, 当 $waveblank$ 越靠近 1, 则波形越平; 当 $waveblank$ 越靠近 0, 则波形越不平。

3.2 疲劳识别

本文综合面积比、宽高比和平坦度等特征识别眼睛闭合状态。眼睛的闭合程度可归为眼睛完全张开、眼睛完全闭合、眼睛半张开半闭合 3 类。利用积分投影波形的特征对眼睛张闭合的判别过程如下:

(1) 判别波形面积比是否满足人眼闭合面积比 ($ratewaverect$ 参考值大于 0.8), 当满足眼睛闭合面积比时则判别为人眼闭合, 否则进行步骤(2);

(2) 判别波形宽高比是否满足眼睛张开时的宽高比 ($ratewh$ 参考值小于 4.3), 当满足眼睛张开宽高比时则识别为眼睛张开, 否则进行步骤(3);

(3) 判断波形是否平坦 ($waveblank$ 参考值大于 0.5), 如果平坦则判定为眼睛闭合否则判定为眼睛半张开半闭合状态。

在识别出眼睛张闭合状态后, 需要进行识别眼睛是否疲劳。设在时刻 t_1 采集识别出人眼张闭合状态的人脸图片帧数为 N , 滑动窗口长度为 $w(N-w)$, 其中最近采集到的 w 帧图片落在滑动窗口内。设滑动窗口内的人眼闭合图片帧数为 m 。用 $closrate$ 表示眼睛的闭合率:

$$closrate = m / w \quad (9)$$

每采集到新的一帧人眼图片, 滑动窗口向前移动一帧。从直观上理解, w 帧人眼图片中闭合状态的人眼图片帧数越靠近 w , 则眼睛越疲劳; 闭合状态的人眼图片越接近 0, 则越表示人眼不疲劳。

4 实验结果与比较

人眼疲劳识别过程可归纳如下:

(1) 使用活动轮廓模型检测到眼睛后, 转换图片为灰度图, 计算出眼睛活动轮廓倾斜度, 旋转摆正眼睛;

(2) 对眼睛轮廓内区域进行垂直积分投影运算, 生成二值波形;

(3) 计算积分投影二值波形的相关特征参数, 利用特征参数判别眼睛是否闭合。

根据上述人眼疲劳决策算法, 笔者在 VC6.0 上开发了软件系统。眼睛张开时的双眼垂直积分投影如图 5 所示。



图 5 眼睛张开时的垂直积分投影

眼睛闭合时的双眼垂直积分投影如图 6 所示。

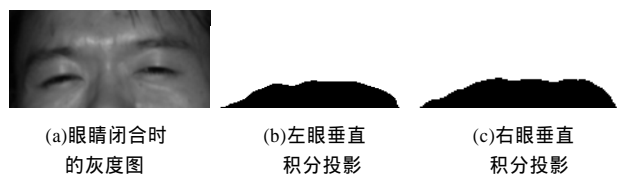


图 6 眼睛闭合时的垂直积分投影

3 种特征参数的取值如表 1 所示, 不同识别方法的性能比较如表 2 所示。

(下转第 217 页)