

人脸的眼角自动定位*

顾 华, 苏光大, 杜 成

(清华大学 电子工程系 智能技术与系统国家重点实验室, 北京 100084)

摘 要:针对人脸识别中的特征提取问题,提出了一种快速准确的眼角自动定位方法。在人脸图像中自动定位两眼的眼球和内外眼角的精确位置,定位准确率达到 98% 以上。该方法为脸部关键特征点的自动提取和人脸识别奠定了良好的基础,有助于提高人脸识别算法的识别率。并将定位结果应用到人脸图像的预处理,提出以两眼外眼角为基准进行几何归一化校正,与通常的利用两眼瞳距作为基准的方法相比较,更加准确和稳定。

关键词:人脸识别; 特征提取; Susan 算子; 眼角定位; 图像预处理

中图分类号:TP391.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-2276(2004)04-0375-05

Automatic localization of the corners of eyes on human faces*

GU Hua, SU Guang-da, DU Cheng

(State Key Laboratory of Intelligent Technology and Systems,

Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: A fast and exact approach is presented to extract the corners of eyes on human faces automatically. It can locate the positions of eyes with its near and far corners exactly with over 98% accuracy. And it provides the basis of extracting the vital feature points on human face automatically and improves the accuracy of face recognition. Then, applying the results to the pretreatment of the face images, a method using the distance of two far corners of eyes to normalize the face images is presented. It could get more exacter and steadier outcomes than the method commonly using the distance of two irises.

Key words: Face recognition; Feature extraction; Susan operator; Eyes' corners localization; Image pretreatment

0 引 言

计算机自动人脸识别技术是一个难度较大的课

题,同时也是一项具有广泛应用前景的技术。近年来计算机人脸识别技术的研究发展比较迅速,尤其是 20 世纪 90 年代以来,越来越多的人意识到了人脸自动识别研究的重要实用价值,并在这方面逐步开展了

收稿日期:2003-09-23; 修订日期:2003-12-10

* 基金项目:国家重点攻关资助项目(2001BA801B07)

作者简介:顾华(1975-),女,江苏如东人,工程师,硕士研究生,目前主要研究方向为人脸识别。

一些研究^[1,2]。在很多重要场合都需要进行可靠的人脸识别。一些实用的实时监视系统的研究依赖于人脸识别技术的突破,如在银行的监视系统、饭店、机场、海关、火车站的监视系统等应用中,准确快速的定位并识别人脸目标是这些系统进一步广泛应用的瓶颈。因此,如何建立有效、快速、自动的人脸识别手段,已成为迫切需要解决的问题,而人脸特征的自动提取,是人脸自动识别过程中至关重要的一步。

当前的人脸识别方法主要分为基于局部特征和全局特征两大类。无论哪类方法,对基本特征如眼睛、鼻子和嘴巴等的准确定位都是必不可少的步骤,尤其是眼睛的准确定位^[3~7]。眼睛的自动定位,通常是指提取眼球的位置,即以两眼瞳孔中心位置作为眼部的关键特征点,同时两眼间距受光照或表情变化的影响最小,所以常被作为几何特征或图像尺寸的归一化标准^[7]。但由于人脸图像的采集没有标准设备和角度限定,同时人脸在图像中位置和表情会有不同,人眼的眼球活动范围相对较大,成像时如果两眼注意力凝视的方向改变则会造成瞳孔不在眼睛的中心位置(容易出现斜视、或由于瞪眼和眯眼等表情的变化产生上下倾斜),这时如果采用两眼瞳孔作为基准点就会出现较大误差。而且人脸图像中的瞳孔并不是标准的圆形,不容易精确定位中心点,因此给人脸的归一化、特征提取和识别工作带来了困难。本文提出在人脸图像上自动定位内外眼角精确位置的方法,并将结果应用到人脸图像预处理,利用两个外眼角点作为基准进行几何归一化。在人脸的几何特征中,外眼角是相当稳定的特征点,不但随年龄、表情、胖瘦等改变发生的变化很小,而且对角度和水平旋转比较敏感,因此更适合作为归一化的基准点,可以达到更好的特征提取和识别效果,提高人脸识别率。实验结果证明本文的眼角自动定位方法快速准确,在此基础上进行的几何归一化效果也十分理想。

1 眼角的自动定位

眼角自动定位算法首先根据人脸先验知识,采用归一化模板匹配在图像中获得脸部大概区域;然后定

位两眼球的位置,即眼睛中心点(不需很准,只要落在瞳孔范围内即可);在此基础上在瞳孔周围划定两眼的眼部区域;结合 Susan 算子,利用边缘和角点检测的算法在眼部区域内准确定位内外眼角点。

1.1 确定人脸图像的脸部区域

首先在整个人脸图像中确定出脸部的大概区域,采用归一化模板匹配的方法初步定位人脸,如图 1 所示。

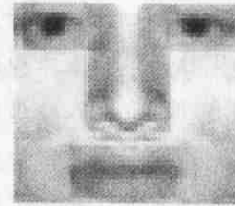


图 1 人脸模板图像

Fig. 1 Model image of human face

第一步对人脸图像进行粗定位。由于模板匹配考虑的是灰度的相关性以及整体灰度模式的分布,在模板匹配前先统计局部区域的灰度分布和梯度分布以及对称性,滤掉明显不可能是人脸的部分。然后利用灰度和梯度的先验知识加快整个模板匹配的速度。而且由于实际参加匹配的子图和模板的分辨率都很小,只有原图大小的 1/4,也可以加快模板匹配的速度,并且对图像在一定程度上的尺寸变化和角度变化不敏感。

粗定位能给出一个大致的但是稳定的人脸区域,再在给定的范围内搜索眼睛等各部件的位置,这样就大大降低了部件定位的错误,同时粗定位花费的时间很短。

1.2 人脸中两眼眼球的定位

在脸部区域内寻找两眼球的位置,眼睛的定位是人脸特征提取中的重要一环,通常人眼定位算法都是根据眼睛的谷点性质来定位的,本文采用将谷点的搜索和方向投影以及眼球的对称性相结合的方法。在粗定位的基础上,定位出两眼睛的敏感区域,并且利用两眼之间的相关性可以提高眼睛定位的准确度。

眼球中心的定位是通过在区域灰度图中寻找谷点来实现的。对脸部区域的左上和右上部分进行梯度图积分投影,并对积分投影的直方图进行归一化,如图 2(a)所示。首先根据水平投影的谷点确定眼睛

在 y 方向的大致位置,然后让 x 在较大的范围内变化,寻找此区域内的谷点,如图 2(b)所示。将检测到的点作为两眼的眼球中心点。

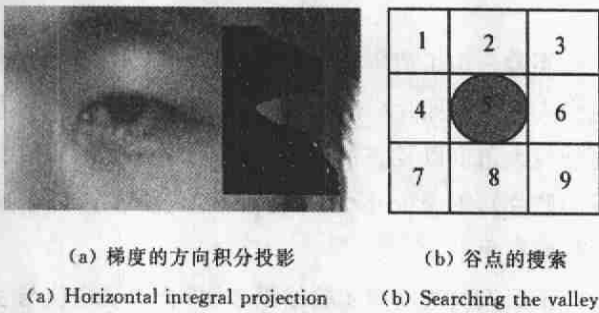


图 2 眼睛定位示意图
Fig. 2 Sketch of locating the eyes

在获得两眼眼球位置的基础上,以两眼瞳孔为中心划出眼部区域(本文针对 336×480 的人脸图像,设定眼部区域大小为 80×40 的矩形)。

1.3 眼部区域中定位内外眼角点

对眼部区域进行处理,首先采用自适应二值化方法确定门限阈值,得到眼部区域的自动二值化图像。在此基础上对眼部区域图像使用 Susan 算子获得眼睛的边缘图像。

Susan 算子的原理为:以半径为 r 个像素(实验中取 $r=4$)的圆形区域(面积覆盖 πr^2 像素位置)为掩模,考察图像中的每个点在该区域范围内的所有点的像素值与当前点的值的一致程度:

$$c(\vec{r}, \vec{r}_0) = \begin{cases} 1 & \text{如果 } |I(\vec{r}) - I(\vec{r}_0)| \leq t \\ 0 & \text{如果 } |I(\vec{r}) - I(\vec{r}_0)| > t \end{cases}$$

$$n(\vec{r}_0) = \sum_{\vec{r}} c(\vec{r}, \vec{r}_0)$$

$$R(\vec{r}_0) = \begin{cases} g - n(\vec{r}_0) & \text{如果 } n(\vec{r}_0) < g \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

式中 \vec{r}_0 为当前像素点; \vec{r} 为区域范围的其他点; $I(\vec{r})$ 为该像素的灰度值; $c(\vec{r}, \vec{r}_0)$ 为两个像素灰度值的相关性度量; t 为像素间差异阈值,一般可设为 27; $n(\vec{r}_0)$ 为 USAN 面积,该面积越小,则边缘强度越大; g 为几何阈值,可以理解为 USAN 面积的最大值,超过这个值就认为该点不是边缘,通常可以设定为 $\frac{3}{4} n(\vec{r}_0)_{\max}$;

用以上算法获得的眼部区域边缘图像如图 3(b)

所示。在此基础上对图中的黑色边缘曲线进行角点提取即可获得准确的两眼内外眼角点位置,提取结果如图 3(c)所示。



图 3 眼睛区域处理示意图

Fig. 3 Sketch of processing to eyes area

根据 Susan 算子既可以用来检测边缘,又能用来提取角点的特性,与 Sobel、Canny 等边缘检测算子相比,该算子更适合于进行眼部的特征提取,尤其是对两个眼角点的自动定位。并且通过适当调整 Susan 算子的参数 r 、阈值 t 和 g 的大小,对不同质量的人脸图像都可以取得很好的效果。

2 利用两外眼角点进行人脸图像的几何校正

目前的人脸识别处理大多是基于人脸正面标准照的灰度图像进行。由于人脸图像存在很多差异,例如尺度大小、人脸在照片中的位置和角度不同、灰度的对比度以及光照不均匀的影响,都会给特征提取和识别处理带来很多困难,因此在各种不同的人脸识别算法应用之前需要对图像进行预处理。

2.1 人脸图像的预处理

预处理包括很多内容,例如对原图像滤波去噪、灰度归一化、图像水平旋转、尺度大小归一化、甚至对眼镜或部分遮挡物的去除等。预处理将直接影响到人脸识别算法的最后识别率,因此在人脸识别的一系列工作中,预处理环节十分重要。

由于人脸图像是将标准像通过扫描仪或者数码相机、摄像机等设备输入计算机的,转换器件及周围

环境的影响使图像受到噪声干扰,产生失真。进行边缘检测处理时常把噪声当作边缘点检测出来,导致真正的边缘没被检测出来^[8],因此必须去除噪声干扰。为了不损坏人脸图像中的轮廓边缘等重要信息,同时较好地去除噪声,采用非线性的中值滤波器去除噪声,可以取得很好的效果。

由于人脸采集环境或光照不均匀等因素的影响,经常会造成人脸图像间的灰度差异很大。这就需要预先进行灰度归一化处理,将不同人脸图像的灰度范围拉伸到相同的区域,然后进行相应的识别和匹配处理。

对于人脸图像来说,提取的特征必须先进行几何归一化,使之不依赖于图像平面中人脸的位置、尺度和旋转变化。

2.2 尺度和几何位置的校正

获得尺度和旋转不变性的常用方法是设定两眼之间的距离和方向轴^[9],或者在人脸样本集中任意截取一个眼睛图像作为校正模板,目的是根据眼睛的精确定位来判断人脸图像的缩放及旋转^[10]。本文提出基于两眼区域自动定位两眼外眼角点的准确位置,并以两外眼角点的距离和方向轴作为基准,进行尺度和几何位置的水平旋转归一化。校正结果如图 4 所示(本文针对 336×480 大小的人脸图像,以两个外眼角点为基准进行水平旋转校正,设定校正后两眼外眼角距

离为 175,水平方向轴位于图像高度中心)。

3 实验结果

实验采用了清华大学 270 人的人脸库,库中包含每个人有 7 张照片(分别为正面、左右旋转小角度、左右旋转大角度以及表情变化和光照变化等不同情况下的照片),图像大小为 336×480 ,人脸在图像中所占的面积大于 50%。

正面人脸灰度图实验结果表明,若自动定位与手工标定位置相差 5 个像素以上视为定位错误,全部 270 人的内外眼角点定位准确率均达到 98% 以上。对小角度旋转的人脸也取得较好的定位效果,但处理大角度旋转人脸时定位准确率稍有下降。同时定位算法对表情变化不敏感,人脸图像质量较好时对配戴眼镜和光照变化不敏感,当然,强侧光会造成部分影响。

采用本文算法在整张图像中检测两眼球位置最多需要 230 ms,而定位两眼内外眼角点仅需 30 ms。从整体来看该算法对于人脸内外眼角点的定位快速准确,是一种可行的眼部特征提取和几何归一化方法。部分实验结果如图 5 所示。

4 结 论

针对人脸识别中关键特征点提取,给出了一种自动获得人脸的两眼球和内外眼角点精确位置的方法。首先利用归一化模板匹配方法在人脸灰度图中划分出脸部区域,然后找出两眼球的大致位置,结合 Susan 算子等方法进一步确定内外眼角点的精确位置,实现人脸图像中眼睛特征点的精确提取。实验证明该方法自动定位眼角快速准确,有助于提高人脸识别算法的识别率。

在此基础上提出用两眼的外眼角点代替两眼瞳距作为预处理的基准来进行水平旋转和尺度的校正,将图像调整到标准的状态,为进一步的人脸特征提取和识别工作奠定了很好的基础。

眼角自动定位算法主要针对正面标准人脸灰度图像。在小角度旋转的人脸图像中也取得较好的定位效果,但处理大角度旋转人脸图像仍然有一定的局



(a) 原图

(a) Original images



(b) 水平旋转和尺度归一化后

(b) Image with the rotation and scale normaling

图 4 人脸图像几何校正的结果

Fig. 4 Geometric normalization of the face images



(a) 原图

(a) Original images



(b) 眼角定位

(b) Located the eyes' corners



(c) 利用外眼角点进行几何校正

(c) Geometric normalization using the two far corners of eyes

图5 人脸图像眼角定位和预处理结果

Fig. 5 Located the eyes' corners and pretreated face images

限,定位准确率下降。眼角自动定位也会部分受到强烈侧光等因素的影响。因此该方法还有待于继续研

究,进一步提高眼角自动定位的鲁棒性。

参考文献:

- [1] Chellappa R, Wilson C L, Sirohey S. Human and machine recognition of faces: a survey[J]. Proceedings of the IEEE, 1995, 83(5):705-740.
- [2] 张翠平,苏光大. 人脸识别技术综述[J]. 中国图象图形学报(A版),2000,5(11):885-894.
- [3] Brunelli R, Poggio T. Face recognition: features versus templates[J]. IEEE Trans on PAMI, 1993, 15(10):1042-1052.
- [4] Xie X, Sudhakar R, Zhuang H. On improving eye feature extraction using deformable templates[J]. Pattern Recognition, 1994, 27(6):791-799.
- [5] Lam K M, Yan H. Locating and extracting the eye in human face images[J]. Pattern Recognition, 1996, 29(5):771-779.
- [6] 严超,苏光大. 人脸特征的定位与提取[J]. 中国图象图形学报, 1998,3(5):375-380.
- [7] 王磊,莫玉龙,戚飞虎. 眼球的自动定位[J]. 红外与毫米波学报, 1998,17(5):349-356.
- [8] 陈其杰,张桂林. 人脸外轮廓线的提取方法[J]. 红外与激光工程,2001,30(4):192-195.
- [9] 章高清,王申康,叶懋东. 基于特征曲线的自动人面识别研究[J]. 软件学报,2000,11(3):372-378.
- [10] 苏剑波,徐波. 应用模式识别技术导论——人脸识别与语音识别[M]. 上海:上海交通大学出版社,2001. 1-99.

书·讯

《光学系统设计》简介

《红外与激光工程》编辑部组织翻译的《光学系统设计》(内部资料)现已出版发行。该书主要内容包括:基础光学与光学系统技术要求;光阑、光瞳和基本原理;衍射、像差和像质;光程差的概念;几何像差及其消除方法;玻璃的选择(包括塑料);球面和非球面;光学系统的设计型式;光学设计过程;计算机性能评价;高斯光束成像;红外热成像基础和紫外光学系统;衍射光学;照明系统的设计;性能评价与光学测试;公差与生产工艺性;光学加工;光学设计中的偏振问题;光学薄膜;硬件设计问题;镜头设计优化实例;光学系统设计中的错误;经验法则和提示。该书适于光学领域的技术人员使用,也可作为大学教科书及研究生参考书,中译本 301 页,定价 160 元。英文简装本,定价 150 元,数量有限,欢迎订阅。有需求者请与《红外与激光工程》编辑部联系。联系电话:(022)23666400;(022)23363000 转 3087;通信地址:天津市 225 信箱 32 分箱(300192)。