

基于梯度和模板二次匹配的人眼定位

王 静^{1,2}, 谭同德¹

(1. 郑州大学 信息工程学院, 河南 郑州 450002;

2. 郑州牧业工程高等专科学校, 河南 郑州 450011)

摘 要:提出了一种基于图像梯度和模板匹配相结合的眼睛定位方法。利用投影函数确定眼睛区域的上下边界, 然后对于眼睛睁开较大的图像根据眼球的梯度方向信息定位眼睛中心, 对于眼睛睁开较小或完全闭合的情况, 利用本方法中的梯度眼睛模板进行二次匹配。试验证明该算法定位准确率高, 不受眼睛状态的影响, 并且对头部姿态变化和焦距变化等具有一定的鲁棒性。

关键词:投影函数; 梯度; 模板匹配; 人脸识别; 眼睛定位

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)10-0144-03

A Method to Eyes Location Based on Step - Direction and Templet - Matching

WANG Jing^{1,2}, TAN Tong-de¹

(1. Information Engineering Institute of Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China;

2. Zhengzhou College of Animal Husbandry Engineering, Zhengzhou 450011, China)

Abstract: A method based on step - direction and templet - matching is described to locate eyes accurately in this paper. The top and bottom edge of eye's area is confirmed according to projection function at first. And then the center of eyes are located on the basis of the step direction information of eyeball for the eyes which open widely. The eyes which open narrowly or close are located according to the two - matching with the step - templet in this method. Experimental results show that eyes can be located quite accurately without affection to the eyes's state and the pose of head and the focal length of camera.

Key words: projection function; step; templet - matching; face recognition; eye location

0 引 言

人脸识别是近 20 年发展起来的一种生物识别技术, 它是包括计算机科学、模式识别、生物学、心理学等多种学科的交叉科学。由于其广泛的应用前景, 人脸识别技术的研究发展速度很快。

人脸面部特征的自动定位是人脸自动识别系统的基础。眼睛是人脸图像的主要器官, 因此眼睛的自动定位是面部特征定位的关键。目前眼睛定位的方法主要有:

(1) 基于灰度投影的方法。该方法利用人脸图像在眼睛区域的灰度值较低并且灰度的变化很丰富这一特点来定位眼睛的上、下、左、右边界, 从而定位眼睛的中心点, 该方法对眼睛的睁开程度不敏感, 但是以眼睛

区域的上、下、左、右边界的平均作为眼睛的中心定位结果不准确。

(2) 基于广义对称变换的方法^[1~3]。该方法利用眼睛区域特别是眼球周围的梯度方向向四周发射的规律, 设计对称度算子, 眼球中心的对称值较大, 基本在对称值的前几个最大值中产生眼睛的候选点, 利用先验信息进一步精确定位, 由于该算法主要利用眼球周围的方向信息, 所以对眼睛的睁开程度很敏感。实际上人脸图像中很大一部分的眼睛睁开程度不是很大, 这一点可以根据人眼睛的生理特点和大量人像图片的统计说明。

(3) 基于模板匹配的眼睛定位。包括设计可变模板和固定大小模板, 可变模板设计一组眼睛参数来表示眼睛的变化, 比较复杂; 固定眼睛模板的建立一般取多个眼睛图像的平均, 并且还要考虑左右眼睛的变化, 所以很难反映眼睛图像的更细致、独特的特征。

由于人脸图像眼睛状态的变化和各种算法的特

收稿日期: 2006-12-21

作者简介: 王 静 (1975-), 女, 河南周口人, 硕士研究生, 讲师, 研究方向为数字图像处理; 谭同德, 教授, 研究方向为图像处理、虚拟现实。

点,决定了每种算法都有其特定的使用环境。文中设计的眼睛定位方法,综合利用各种方法提高定位精度,首先利用投影方法确定眼睛区域的上下边界,然后对于眼睛睁开较大的图像根据眼球的梯度方向信息定位眼睛中心,对于眼睛睁开较小的情况,笔者提出了梯度眼睛模板进行二次匹配来确定眼睛位置。该方法既考虑了眼睛睁开较大时的情况,又考虑到眼睛半闭合的情况,所以定位更准确、实用。

1 算法描述

1.1 投影函数

设 $I(x, y)$ 表示点 (x, y) 处的像素灰度值,在区间 $[x_1, x_2]$ 和 $[y_1, y_2]$ 上的水平积分投影函数和垂直积分投影函数分别表示为^[4,5]:

$$S_h(y) = \int_{x_1}^{x_2} I(x, y) dx \quad S_v(x) = \int_{y_1}^{y_2} I(x, y) dy$$

平均积分投影函数分别表示为:

$$M_h(y) = \frac{S_h(y)}{x_2 - x_1} \quad M_v(x) = \frac{S_v(x)}{y_2 - y_1}$$

对于离散的数字图像平均积分投影就是图像某一行或某一列的像素平均值,它可以反映出图像在某一区域的灰度值的特征。方差投影函数可以更细致地反映图像灰度值的变化情况。在区间 $[x_1, x_2]$ 和 $[y_1, y_2]$ 上的水平方差投影函数和垂直方差投影函数分别表示为^[4,5]:

$$\sigma_h^2(y) = \frac{1}{x_2 - x_1} \sum_{x_i=x_1}^{x_2} [I(x_i, y) - M_h(y)]^2$$

$$\sigma_v^2(x) = \frac{1}{y_2 - y_1} \sum_{y_i=y_1}^{y_2} [I(x, y_i) - M_v(x)]^2$$

在人脸图像中眼睛区域的灰度值较低,并且灰度的变化比较丰富,所以可以利用积分投影和方差投影大致定位眼睛所在的区域。

1.2 梯度图像

很多种边缘检测算子都可以用来产生梯度图像,只要算子可以反映图像的方向信息。对于图像上点 $p(x, y)$ 来讲, x, y 方向的梯度分别为:

$$\nabla I_x(p) = G(y) \frac{d}{dx} G(x) * I(x, y)$$

$$\nabla I_y(p) = G(x) \frac{d}{dy} G(y) * I(x, y)$$

* 代表卷积,所以 p 点的灰度梯度矢量方向为:

$$\nabla I(p) = (\nabla I_x(p), \nabla I_y(p))。$$

在实际的运算过程中常用差分运算来代替微分。所以上面公式又可以表示成:

$$\nabla I_x(p) = f(x+1, y) - f(x, y)$$

$$\nabla I_y(p) = f(x, y+1) - f(x, y)$$

所以点 $p(x, y)$ 的梯度向量为:

$$\text{梯度模: } r_p = \log(1 + \|\nabla I(p)\|)$$

$$\text{梯度角: } \theta_p = \arctan\left(\frac{\nabla I_y(p)}{\nabla I_x(p)}\right)$$

在这里梯度角的范围是^[6]: $[-\pi, \pi]$, 由于本算法不要求对图像的像素标准化,所以在此只考虑梯度角作为梯度方向。人眼图像尤其是眼球的周围梯度方向表现为向四周发射。图 1 为人眼的梯度方向图。

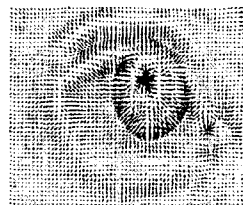


图 1 人眼梯度方向图

1.3 梯度眼睛模板的建立

及二次匹配

在眼睛定位的模板匹配算法中包括可变模板和固定模板,可变模板^[7]用一组参数来构造眼睛,固定模板一般从人脸图像库中取多个眼睛图像的平均值。由于考虑到睁开的眼睛可以通过边缘图像检测出其眼球轮廓,从而利用梯度信息确定眼睛中心,所以笔者从此出发,建立一个睁开较小的固定眼睛模板来检测第一步不能正确检测出的眼睛。本算法不要求对图像的像素标准化处理以节约计算量,所以文中的眼睛模板是由梯度角构成而不考虑梯度模的大小。由于闭合的眼睛左右眼的区别不大,所以模板不考虑左右眼睛。本算法中的梯度模板是由人脸图像库中手工截取多幅闭合或半闭合的眼睛图像,包括左眼和右眼,计算各图像的梯度角和二值化图像后每个值的概率,取梯度角的平均值和二值化的平均概率作为模板的梯度角值和二值化概率。由于图像靠近左右边沿的部分一般都有大片头发区域二值化图像后变为零,所以该部分图像零值所占的比率比眼睛部分大得多,同时水平方向上头发和眼睛中间的区域二值化后零值的比率比眼睛部分要小得多,所以对于这两种情况首先通过第一次概率值匹配进行过滤。匹配过程为:先根据模板大小计算待匹配区域二值化图像中每个值的概率,比较概率值和模板的概率值,如果接近,则进行下一步梯度角的匹配;否则,不进行下一步匹配。设计一个相似度系数来表示模板梯度角和局部图像之间的相似性^[8],如下:

$$\rho_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (T(i, j) - \bar{T})(S_T(i+x, j+y) - \bar{S}_T)}{M \times N \times \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (T(i, j) - \bar{T})^2} \times \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (S_T(i+x, j+y) - \bar{S}_T)^2}}$$

其中 T 为眼睛模板, 模板高度 M , 模板宽度 N , \bar{T} 为眼睛模板的平均值, \bar{S}_T 表示待识别图像中与模板进行匹配的局部图像的均值, (x, y) 为搜索点的位置坐标。 ρ_{xy} 越接近 1 反映局部图像与模板的相似程度越高, 以相似度值最大的值作为匹配结果。

1.4 检测过程

首先得到图像的二值化图像; 根据图像的灰度直方图得到各个灰度值的概率分布, 同时考虑平均灰度值和中间值确定二值化的阈值。对二值化图像利用水平积分投影函数和水平方差投影函数确定眼睛区域的上下边界, 水平积分投影函数曲线上眼睛和眉毛区域对应的应该是两个波谷, 而眼睛区域在水平方差投影函数曲线上应该表现为一个波峰; 用边缘检测算子对原图像进行滤波得到边缘图像, 设置较大的阈值二值化边缘图像, 在眼睛区域检测二值化边缘图像中是否存在圆形或半圆形曲线。如果存在圆形或半圆形的曲线, 检验沿该曲线的梯度方向, 如果沿曲线梯度方向向四周发射, 则该曲线应该为眼球区域, 从而确定眼球中心即为眼睛的中心。如果眼睛睁开比较小则二值化边缘图像检测不到明显的半圆形或圆形轮廓, 则利用本方法中的梯度眼睛模板进行二次匹配, 以相似度最大的作为匹配结果, 从而确定眼睛的位置。

2 实验结果及分析

上述算法是采用 Visual C++ 和 OpenCV 试验的。实验所用数据库是 ORL 的人脸数据库, ORL 人脸数据库包含 40 个人, 每人 10 张图像, 其中图像包括了头部姿态变化和尺度变化等。对于眼睛睁开较大的图像可以把眼球的中心作为眼睛的中心, 对于眼睛睁开程度较小的, 很难确定眼睛的中心位置, 所以以方框表示检测到的眼睛区域。图 2 是一些实验的结果。

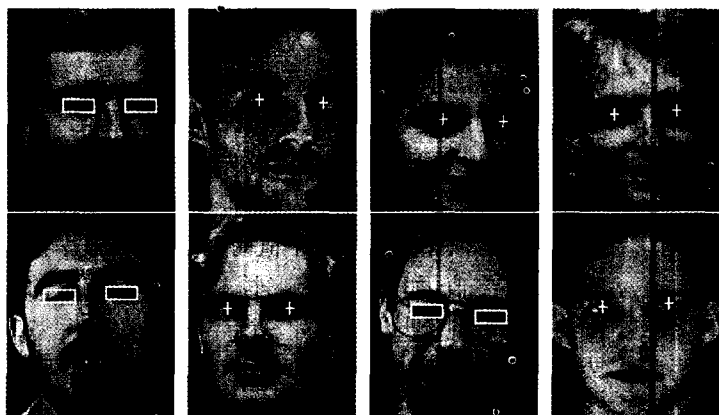


图 2 实验结果

试验结果表明该方法的正确率达到 97% 以上, 并且对于眼睛的张开或闭合不敏感。对于那些不能准确定位的图像主要由于图像的灰度分布比较均匀, 在二值化的过程中对阈值的选择比较敏感, 从而影响眼睛区域的确定和梯度眼睛模板的匹配。本试验所采用的人脸数据库是单人头部图像, 眼睛位置的上下边界大致在图像的 $1/3$ 和 $1/2$ 之间, 所以对于二值化阈值敏感的图像适当调整投影函数定位的结果以提高正确率。

3 结 论

文中提出了眼睛定位方法。首先利用投影函数确定眼睛的上下边界, 降低了下一步边缘搜索和模板匹配的计算量。对于眼睛睁开较大的, 利用边缘图像和眼球周围的梯度信息确定眼球的中心; 睁开较小的眼睛通过第一步不能检测到眼球轮廓, 从而进一步利用梯度眼睛模板进行匹配。克服了基于对称变换的方法对眼睛睁开较小或者完全闭合的情况识别率较低的缺陷, 同时梯度模板匹配部分计算量也不大。ORL 人脸数据库上的试验证明该方法简单有效, 定位准确率高。文中的眼睛定位算法对于背景简单的单人正面头像的识别效果较好, 不适用于复杂背景的任意尺寸的人脸图像。

参考文献:

- [1] 解明, 马泳. 基于对称变换的人脸图像眼睛定位方法[J]. 光学技术, 2004, 30(2): 237-239.
- [2] 刘文予, 潘峰. 离散对称变换在人脸图像眼睛定位中的应用[J]. 红外与毫米波学报, 2001, 20(5): 375-380.
- [3] 王忠, 胡步发, 严世裕. 一种改进的对称变换应用于人脸图像眼睛定位[J]. 计算机应用, 2004, 24(11): 119-121.
- [4] 冯建强, 刘文波, 于盛林. 基于灰度积分投影的人眼定位[J]. 计算机仿真, 2005, 22(4): 75-77.
- [5] 耿新, 周志华, 陈世福. 基于混合投影函数的眼睛定位[J]. 软件学报, 2003, 14(8): 1394-1400.
- [6] Kothari R, Mitchell J. Detection of Eye Locations in Unconstrained Visual Images[EB/OL]. 1996. <http://citeseer.ist.psu.edu>.
- [7] 山世光, 高文, 陈熙霖. 基于纹理分布和变形模板的面部特征提取[J]. 软件学报, 2001, 12(4): 570-577.
- [8] 史慧荣, 张学帅, 梁彦, 等. 一种基于模糊分类的模板匹配眼睛定位方法[J]. 西北工业大学学报, 2005, 23(1): 55-59.