

基于数字图像处理技术的人脸检测算法研究

何莉, 罗艳芳

(武昌职业学院 电子信息工程学院, 湖北 武汉 430202)

摘要: 为了提高人脸检测的准确性及检测速度, 需要对基于数字图像处理技术的人脸检测算法进行研究; 使用当前方法进行人脸检测时, 需要提取脸部特征数目较多、检测速度过慢, 降低人脸检测效率; 为此, 提出一种基于数字图像处理技术的人脸检测算法; 该方法首先获取人脸数字图像, 通过拉开数字图像的灰度间距, 使数字图像灰度均匀分布, 进而提高数字图像对比度, 使图像更加清晰, 再通过 Wiener 维纳滤波算法对处理后的数字图像进行图像平滑去噪, 在此基础上使用 Robert 边缘检测算子方法对数字图像人脸边缘每个像素点检测, 得到数字图像中人脸边缘的基本图像, 将其输入到计算机数字图像处理系统中进行识别检测; 实验仿真证明, 所提算法在检测速度及准确性等方面具有明显的优势。

关键词: 数字图像; 图像处理; 人脸检测

Research on Face Detection Algorithm Based on Digital Image Processing Technology

He Li, Luo Yanfang

(Wuchang Polytechnic College, College of electronic information engineering, Wuhan 430202, China)

Abstract: In order to improve the accuracy and speed of detection of face detection, the need for research on face detection algorithm based on digital image processing technology. The current method is used for face detection, facial feature extraction need more number, the detection speed is too slow, reduce the face detection efficiency. Therefore, proposed a face detection algorithm based on digital image processing technology. The method first gets face digital image by gray space opened the digital image, the digital image gray uniform distribution, so as to improve the image contrast, the image is more clear, and then through the Wiener Wiener filtering algorithm for image smoothing of digital image processing after Denoising, based on the use of Robert operator edge detection method for detection of digital image edge face of each pixel, the basic image for face detection in digital image, the input to the recognition and detection of computer digital image processing system. Simulation results show that the proposed algorithm has obvious advantages in the detection speed and accuracy etc.

Keywords: digital image; image processing; face detection

0 引言

近年来随着计算机技术的发展, 人脸检测技术也是近年来研究的热点, 受到 IT 人员的关注。人脸检测技术是人脸识别的前期工作, 在很多方面都有应用价值, 如: 身份验证、人机交互、可视通信、公安档案管理等^[1]。然而使用现在的技术需要提取特征数据较多、识别慢^[2]。为使人脸检测技术在提取人脸数字图像中特征数据较少的情况下, 也可以快速准确对人脸进行检测识别, 为此, 提出了一种基于数字图像处理技术的人脸检测算法。该方法首先获取人脸数字图像, 通过拉开数字图像的灰度间距, 使数字图像灰度均匀分布, 进而提高数字图像对比度, 使图像更加清晰, 再以 Wiener 维纳滤波算法对处理后的数字图像进行平滑去噪处理, Wiener 维纳滤波算法将图像视为小波粒子, 以小波粒子的速度以及位置来优化计算公式, 得到准确的最优解。在此基础上使用 Robert 边缘检测算子方法对数字图像人脸边缘每个像素点检测, 并在一定的灰度值区间对该像素的灰度进行调节, 得到人脸数字图像中边缘的基本图像, 将其结果输入到计算机数字图像处理系统中进行识别检测。通过数字图像处理技术进行人脸检测, 即使提取的人脸特

征较少, 也可达到较高的准确率及速度, 数字图像处理技术是解决上述问题的有效途径, 受到许多相关人士的关注与重视, 由于人脸检测技术具有深远的发展意义, 因此逐渐成为了研究的焦点课题, 受到了广泛的关注, 同时也取得了一定的成果^[3-5]。

现有的人脸识别检测技术有: 文献 [6] 提出一种基于小波分解的人脸检测算法, 该算法使用小波分解提取待认证人脸的面部特征, 并把提取的人脸面部特征以向量的方式表示出来, 再利用 SVM (Support Vector Machine 支持向量机) 分类器对提取的人脸特征向量进行分类, 将分析的结果与待认证人的预留信息进行核对。该算法的人脸检测技术准确率较高, 但该算法在人脸特征提取时受光照变化的影响, 提取的人脸特征不稳定。文献 [7] 提出一种基于弹性图人脸匹配 (FEGM) 的检测算法。先使用 Gabor 对人脸特征 (如眼、鼻子、嘴等) 进行检测、定位, 形成人脸特征数据组, 再利用代价函数对每个人脸特征进行弹性匹配, 代价函数越小, 得到的人脸检测结果越准确。该算法提高了人脸检测技术的人脸识别精度, 但该算法提取的人脸面部特征较多, 影响人脸识别速度。文献 [8] 提出一种基于 YCbCr 聚类的人脸检测算法。该方法可以自适应对数字图像进行光照补偿, 根据数字图像灰度的深浅分别建立区域模型和高斯模型, 使用区域模型的分割结果除去高斯噪声, 降低噪声对数字图像人脸检测的影响, 利用自适应阈值对

收稿日期: 2017-03-25; 修回日期: 2017-04-24。

作者简介: 何莉 (1984-), 女, 湖北黄冈人, 工程硕士, 讲师, 主要从事数字图像处理方向的研究。

图像灰度分割, 得到灰度图像的候选区域。将分割出来图像进行形态学处理, 以先前知识的检测算法对灰度图像进行筛选, 确定人脸的位置, 并对其进行检测。该算法可以反映出人脸特征数据的真实分布, 但由于计算量过大, 使得检测速度过慢^[9-10]。

针对上述问题, 提出一种基于数字图像处理技术的人脸检测算法。实验仿真证明, 数字图像处理算法以少量特征数据, 也可以快速准确对人脸进行检测识别。

1 基于数字图像处理技术的人脸检测算法研究

1.1 人脸检测中数字图像处理技术

数字图像处理技术一般都在计算机上进行, 因此, 图像处理技术又称计算机数字图像处理。首先在计算机上对数字图像进行对比度调节及去噪的基础的处理, 在对数字图像中人脸边缘检测。(1) 图像灰度变换: 图像灰度变换是指在拍摄时很多因素都会造成数字图像的对比度不足, 导致在计算机数字图像处理技术下分辨不清楚图像中的细节, 而对数字图像进行灰度处理可以有效提高对比度。影响数字图像对比度的因素有: 成像时曝光不足或曝光过度、成像设备的非线性、图像记录设备动态范围太窄等因素等。这时我们需要对数字图像的灰度进行改变, 把数字图像的灰度间距拉开或者使数字图像的灰度调节均匀, 从而提高数字图像的对比度, 使数字图像更加清晰, 已达到图像处理技术的要求。

处理数字图像灰度是为了提高数字图像的清晰度, 使数字图像在数字化的时候更加的准确。变换数字图像的灰度值, 对原图像中的每个像素点进行改变, 使数字图像画质更加清新。数字图像灰度变换有时又被称为数字图像对比度增强或对比度拉伸。在计算机数字图像处理系统中输入数字图像得到图像数据, 数字图像灰度值用浓淡度表示。假设原数字图像的灰度值为 $D = f(x, y)$, 处理过的数字图像的灰度值为 $D' = g(x, y)$, 因此, 数字图像灰度增强度可以表示为:

$$g(x, y) = T[f(x, y)] \quad (1)$$

或
$$D' = T(D) \quad (2)$$

公式中的 D 和 D' 必须在数值数字图像灰度值的取值范围内。数字图像灰度变换函数以函数 $T(D)$ 表示;

数字图像灰度变换函数描述了数字图像的输入灰度值与输出灰度值之间的转换关系。当确定一个数字图像灰度变换函数时, 相当于确定一个增强数字图像灰度的具体方法, 进而确定该数字图像的每个像素点灰度的处理方案。数字图像灰度变换函数各不相同, 即便是同一个数字图像也会有不同的处理结果。选择数字图像的灰度变换函数时, 应考虑数字图像的性质和处理数字图像目的来决定。经过灰度变换处理后数字图像的对比度得到扩展, 使得数字图像变得更加清晰容易识别。

(2) 图像平滑去噪: 进行人脸检测的时候噪声对人脸检测的影响非常大, 然而当前的图像处理技术噪声处理并不好, 经常出现漏检甚至无法准确检测人脸的现象。因此, 近年来 IT 人员对数字图像去噪进行了研究。经过多年的研究在许多经典算法中, 数字图像处理技术的 Wiener 维纳滤算法图像去噪效果较为突出, 数字图像处理技术还包括均值滤波算法和中值滤波算法, 这两类算法去噪时数字图像领域半径越大, 效果越好, 但数字图像处理代价越大。因此提出 Wiener 维纳滤算法进行图像去噪。Wiener 维纳滤算法是将数字图像视为小波粒

子, 以小波粒子两个极值的更新实现图像去噪。该算法以小波粒子的速度以及位置来优化计算公式, 从而得到即准确又灵活的最优解, 将结果带入 Wiener 维纳滤算法中进行数字图像去噪。

(3) 数字图像人脸边缘检测: 数字图像人脸边缘检测是数字图像边缘灰度像素阶跃变化或屋顶形状变化的集合, 该集合存在于目标与背景、目标与目标、区域与区域之间。数字图像人脸边缘检测在人脸图像分析过程中是十分重要的, 是数字图像人脸边缘检测中最关键的一步, 是提取数字图像特征的重要属性。数字图像人脸边缘检测有两个特性: 数字图像人脸边缘的方向及数字图像人脸边缘的幅度。水平于数字图像人脸边缘方向的数字图像像素变化平缓, 而垂直于数字图像人脸边缘方向的数字图像像素变化剧烈, 形成阶跃型和房顶型。

数字图像中落在人脸边缘的像素, 将其在一定的灰度值区间内对灰度进行调节。数字图像的灰度变化率和方向两个特征起了主要的作用。数字图像人脸边缘检测技术使用 Robert 边缘检测算子对每个像素点检测, 并对其进行灰度变化率的量化及方向的确定。其公式如下:

$$G[f(x, y)] = \frac{\sqrt{[f(x, y) - f(x-1, y-1)]^2 + [f(x-1, y) - f(x, y-1)]^2}}{\quad} \quad (3)$$

其中: $f(x, y)$ 是所有数字图像像素点坐标。

1.2 数字图像处理技术提取人脸特征算法研究

人脸检测过程中首要过程就是人脸特征的提取。所以用 haar-like 特征来表示数字图像中人脸的特征, haar-like 特征可以利用矩形模板计算数字图像人脸特征值, 该矩形模板由两个或多个黑色和白色矩形组成, 白色矩形的像素减去黑色矩形的像素就是数字图像人脸特征的像素值。经常使用的 3 种数字图像人脸特征有 (见图 1): 两矩形、三矩形和四矩形的特征。

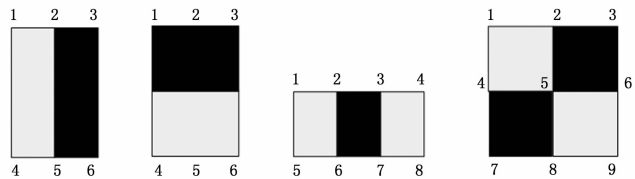


图 1 矩形特征

图 1 中, A 和 B 是两矩形数字图像人脸特征, 两矩形数字图像特征值计算公式为:

$$V = S_{\text{白}} - S_{\text{黑}} \quad (4)$$

C 是三矩形数字图像人脸特征, 三矩形数字图像特征值计算公式为:

$$V = S_{\text{白}} - 2S_{\text{黑}} \quad (5)$$

公式中 S 表示相同颜色矩形的和, V 为数字图像人脸特征值, D 是四矩形数字图像人脸特征, 四矩形数字图像特征值计算公式同 A 和 B 两矩形数字图像特征计算公式相同。

1.3 基于数字图像处理技术的人脸检测算法

通过数字图像处理技术提取人脸特征之后, 为了挑选出有效的人脸特征, 为此我们使用 Adaboost 分类器对数字图像中有效的人脸特征进行选择。在一幅 24×24 的图像中可以提取出 28 万之多的人脸特征, 而 Adaboost 分类器可以在 28 万之

多的人脸特征中挑选出对人脸检测结果有用的人脸特征。Adaboost 分类器的具体流程如下:

1) 给定样本数字图像为:

$$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)$$

其中: $y_i \in \{1, 0\}$ 。

2) For $t=1, 2, \dots, T$ (T 表示 Adaboost 分类器个数)

(1) 初始化数字图像样本权重:

$$\omega_{t,i} = \begin{cases} \frac{1}{2m}, y_i = 1 \\ \frac{1}{2p}, y_i = 0 \end{cases} \quad (6)$$

其中: m 是正样本数字图像人脸图片样本数, p 是负样本非数字图像人脸图片样本数;

(2) 归一化样本权重:

$$\omega_{t,i} = \frac{\omega_{t,i}}{\sum_{i=1}^n \omega_{t,i}} \quad (7)$$

使得权重 $\omega_{t,i}$ 可以表示概率分布;

(3) 每一个人脸特征都对应一个 Adaboost 分类器:

$$h_j = \begin{cases} 1, & p_j f_j(x) < p_j \theta_j \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (8)$$

其中: p_j 表示一个指示数字图像人脸边缘不等式方向的参数, $f_j(x)$ 表示数字图像人脸特征值, θ_j 表示数字图像人脸边缘不等式位置;

(4) 选择具有最小加权误差 ϵ_t 的 Adaboost 分类器 h_t ;

(5) 更新样本权重 $\omega_{t+1} = \omega_{t,i} \beta^{e_t^j}$, 其中:

$$e_{t,i} = \begin{cases} 1, h_j(x_i) = y_i \\ 0, h_j(x_i) \neq y_i \end{cases} \quad (9)$$

$$\beta_t = \frac{e_t}{1 - e_t} \quad (10)$$

3) 最终 Adaboost 分类器输出为:

$$H(x) = \begin{cases} 1, & \sum_{i=1}^T \alpha_i h_i(x) \geq \sum_{i=1}^T \alpha_i \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (11)$$

其中:

$$\alpha_t = \frac{1}{2} \ln \beta_t^{-1} \quad (12)$$

使用 Adaboost 分类器流程图如图 2 所示。第一步将数字图像人脸特征值输入计算机内, 获取正样本(人脸图片)和负样本(非人脸图片), 第二步, 对目标样本提取 Haar-Like 特征, 再利用 Adaboost 分类器进行挑选, 选出达到数字图像处理技术指定的虚警率, 不符合的数字图像人脸特征样本的 Haar-Like 特征将保存到临时文件中。第三步, 将 Adaboost 分类器输出的人脸特征样本输入到计算机内, 进行进一步的处理。

2 实验结果与分析

为了证明本文提出的数字图像处理技术在人脸检测中的可行性, 需要进行仿真实验, 该实验将在本市的实验高中进行, 高中所有高三学生都将参加本次实验, 并结合编程 Visual C++ + NET, 在以 2 G 的内存、P4 2.4 GHz 的 CPU 为主的计算机上进行数字图像人脸检测的仿真实验测试。本次实验的相关数据如下: 数字图像中人脸样本 5781 张, 数字图像中正面人脸图像 3514 张, 数字图像中非人脸图像共 7542 张, 所有的数字

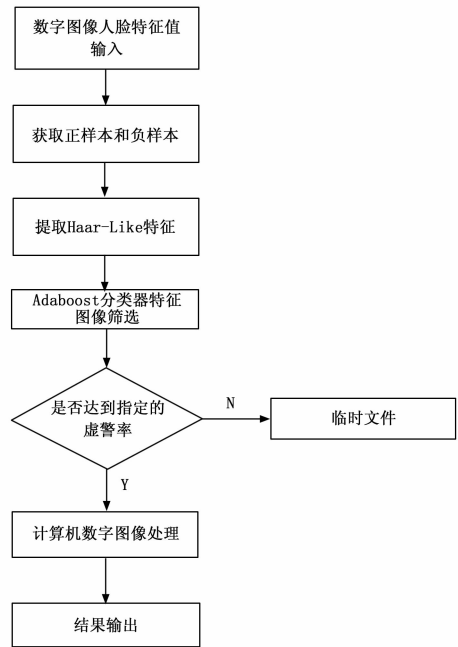


图 2 Adaboost 分类器流程图

图像素都调节为 240×320 , 像每幅数字图像都提取了 35681 个 Harr 特征。将提取出的 Haar-Like 特征输入计算机, 以真阳性率和假阳性率检测指标为衡量标准。计算机输出的测试结果如图 3 图 4 所示。

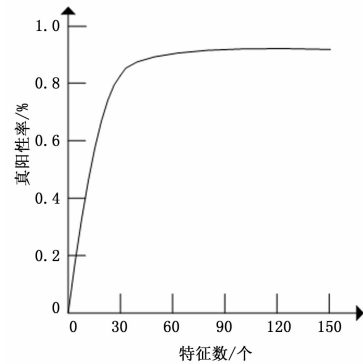


图 3 人脸误分为非人脸比例

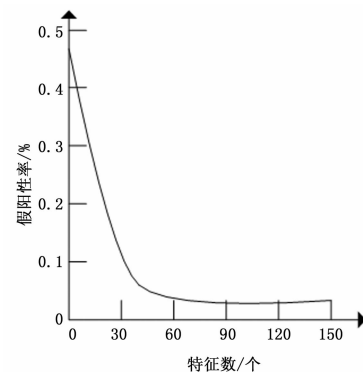


图 4 非人脸误分为人脸

汉：华中科技大学，2009.

[10] 戎丽霞. 模糊需求条件下车辆路径问题的模糊模拟 [J]. 计算机工程与应用, 2010, 46 (18): 209-210.

[11] 吴天羿, 许继恒. 基于混合遗传算法的模糊需求车辆路径问题 [J]. 解放军理工大学学报 (自然科学版), 2014, 15 (5): 475-482.

[12] Xue L. Fuzzy Simulation on the Vehicle Routing Problem [J]. Information Technology Journal, 2013, 12 (21): 6098-6102.

[13] Kuo R J, Zulvia Ferani E, Kadarsah Suryadi. Hybrid particle swarm optimization with genetic algorithm for solving capacitated vehicle routing problem with fuzzy demand - A case study on garbage collection system [J]. Applied Mathematics and Computation, 2012, 219: 2574-2588.

[14] Cao Erbao, Lai Ming yong. The open vehicle routing problem with fuzzy demands [J]. Expert Systems with Application, 2010, 37 (3): 2405-2411.

(上接第 275 页)

从图 3 图 4 的检测结果可以看出, 想要得到较为理想的人脸检测效果人脸特征数目应控制在 30 个之后。

以相同的实验样本对文献 [6] 文献 [7] 文献 [8] 所提算法进行人脸实验, 并对 4 种方法的性能进行比较。使用相同的实验数据, 重复上述人脸检测实验。在试验中使用本文方法时, 对人脸特征相关度设定阈值, 设该阈值为 $\epsilon = 0.25$ 。本实验将对这 4 中算法的结果进行评估, 用 ROC 曲线表示 4 种算法的特征曲线图。人脸检测的实验结果将由两种方式表达, 即阳性 (人脸) 以及阴性 (非人脸), 阳性样本又可以叫真阳性, 阴性样本又被称为假阴性。假阴性用 X 轴表示, 真阳性率用 Y 轴表示。实验比较结果如图 5 所示。

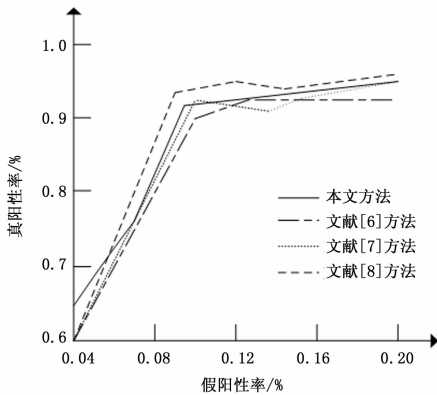


图 5 各种方法数字图像人脸特征的曲线图

表 1 显示出这 4 种算法的算法性能稳定时, 使用的人脸特征数目, TPR、FPR、人脸检测时间等数据。

表 1 各种方法的结果对照

算法	本文方法	文献[6]	文献[7]	文献[8]
特征数目	80	75	45	34
真阳性率 (%)	94	92.3	95	95.4
假阳性率 (%)	2.4	3.1	2.2	1.9
平均时间 (%)	0.547	0.194	0.137	0.083

从图 5 的数字图像人脸特征曲线中可以看出, 在人脸检测性能方面, 本文的方法效果最好, 文献 [5-7] 的算法都有较

[15] Yang Peng, Ye-meimei Qian. A particle swarm optimization to vehicle routing problem with fuzzy demands [J]. Journal of Convergence Information Technology, 2010, 8 (5).

[16] Yang X S. A new metaheuristic bat-inspired algorithm [C]. Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization (NICSO 2010), Springer, 2010: 65-74.

[17] 马祥丽, 张惠珍, 马良. 蝙蝠算法在物流配送车辆路径优化问题中的应用 [J]. 数学的实践与认识, 2015, 45 (24): 79-86.

[18] 马祥丽, 张惠珍, 马良. 带时间窗物流配送车辆路径问题的蝙蝠算法 [J]. 计算机工程与应用, 2016, 52 (11): 254-264.

[19] Zhou Y Q, Xie J, Zheng H Q. A hybrid bat algorithm with path relinking for capacitated vehicle routing problem [J]. Mathematical Problems in Engineering, 2013: 1-10.

[20] 刘长平, 叶春明. 具有 Lévy 飞行特征的蝙蝠算法 [J]. 智能系统学报, 2013, 8 (3): 240-246.

为突出方面, 但总体来说本文的数字图像处理技术的人脸检测算法综合性较强。但从表 1 中显示的人脸检测实验结果可以看出, 想要达到比较稳定的人脸检测准确率, 这 4 种算法最少选取特征数目依次为 80、75、45 和 34 个。在 4 种方法中人脸检测准确率相差无几, 但本文方法提出的数字图像处理技术的人脸检测算法需要提取的人脸特征数目最少, 所以人脸检测速度最快。

3 结论

针对当前方法在人脸检测的过程中需要提取的人脸特征数目较多、检测速度较慢, 从而降低了人脸检测效率。提出一种基于数字图像处理技术的人脸检测算法。仿真实验结果表明, 所提检测方法所需人脸特征数据较少, 可以快速准确对人脸进行识别检测。

参考文献:

[1] 马小虎, 谭延琪. 基于鉴别稀疏保持嵌入的人脸识别算法 [J]. Acta Automatica Sinica, 2014, 40 (1): 73-82.

[2] 张宏星, 邹刚, 赵键, 等. 基于 Gabor 特征与协同表示的人脸识别算法 [J]. 计算机工程与设计, 2014, 35 (2): 666-670.

[3] 林国军, 解梅. 一种鲁棒协作表示的人脸识别算法 [J]. 计算机应用研究, 2014, 31 (8): 2520-2522.

[4] 周全, 魏昕, 陈建新, 等. 一种基于稠密 SIFT 特征对齐的稀疏表达人脸识别算法 [J]. 电子与信息学报, 2015, 37 (8): 1913-1919.

[5] 谢佩, 吴小俊. 基于 Shearlet 变换和均匀局部二值模式特征的协作表示人脸识别算法 [J]. 计算机应用, 2015, 35 (7): 2056-2061.

[6] 唐雨佳, 周李威, 陈耿, 等. 一种自适应加权 SpPCA 单本人脸识别算法 [J]. 计算机应用研究, 2014, 31 (9): 2856-2858.

[7] 陈立潮, 张秀琴, 潘理虎, 等. 煤矿考勤系统中人脸识别算法的研究 [J]. 工矿自动化, 2015, 41 (4): 69-73.

[8] 张顺岚, 莫建文. 基于双目视觉的三维人脸识别算法 [J]. 电视技术, 2014, 38 (9): 214-217.

[9] 王庆伟, 应自炉. 一种基于 Haar-Like T 特征的人脸检测算法 [J]. 模式识别与人工智能, 2015, 28 (1): 35-41.

[10] 贾海鹏, 张云泉, 袁良, 等. 基于 OpenCL 的 Viola-Jones 人脸检测算法性能优化研究 [J]. 计算机学报, 2016, 39 (9): 1775-1789.