

# 基于 FAST 检测器和 SURF 描述子的 聚合图像人脸识别

孙东辉 鞠秀亮 冯登超 秦焕禹 白亮亮  
(北华航天工业学院 廊坊 020056)

**摘要:** 本文提出了基于聚合图像的人脸识别方法。将多张人脸图像通叠加的方式形成一幅聚合图像,并将其作为训练图像进行特征检测和描述,最后与测试图像提取到的特征进行匹配。通过与其他人脸识别方法对比,实验结果表明,本文方法在识别率方面有明显的优势,即使使用单张人脸图像依旧能够获得较高的识别率;使用聚合图像时,随着聚合图像使用的人脸图像数量的增加,提取到的特征点的数量也不断增加,使测试图像在训练图像中匹配到更合适的特征点,提高其识别率。

**关键词:** 计算机视觉;人脸识别;聚合图像;特征提取;匹配

中图分类号: TN911.73 文献标识码: A 国家标准学科分类代码: 510.40

## Aggregated image face recognition based on FAST detector and SURF descriptor

Sun Donghui Ju Xiuliang Feng Dengchao Qin Huanyu Bai Liangliang  
(North China Institute of Aerospace Engineering, Langfang 020056, China)

**Abstract:** A face recognition method based on aggregated image was proposed. In this paper, aggregated images were formed by stacking images with multiple face images. The aggregated images were used as the training images for feature detection and description. Finally, the features were matched with features extracted from the test images. Compared with other face recognition methods, the experiments indicate that this method has obvious advantages in the recognition rate. Even though the using a single face image is still able to get a higher recognition rate. Using aggregated images, the number of feature points is increased with the increase of the number of images used by the aggregated images. That enables the test images to match more appropriate feature points in the training images and increase the recognition rate.

**Keywords:** computer vision; face recognition; aggregate image; feature extraction; matching

### 1 引言

人脸识别技术是图像处理最成功的应用之一。人脸识别技术是对人脸图像进行信息提取然后进行身份辨别的一种生物识别技术,目前已经在考勤、公共安全、身份认证、图片归档等领域得到广泛应用。传统的人脸识别方法有:基于几何特征的方法,基于模型的方法,基于统计特征的方法<sup>[1]</sup>。

现阶段大部分的人脸识别方法都是基于样本训练集的研究方法。人脸特征提取和匹配是人脸识别的两个关键步骤。使用样本训练集有助于提取到足够的人脸特征和和提高匹配率。现阶段人脸识别已经取得了丰硕的研

究成果,但仍存在一定的缺陷,如光照、表情、姿态、遮挡等都会对人脸识别精度产生影响。针对这些缺陷一些新的理论引入了人脸识别领域,成为了人脸识别的热门领域,如压缩感知人脸识别、三维模型人脸、稀疏表示人脸识别、深度学习网络人脸识别等。这些理论方法同样是在样本训练集的基础上对人脸特征提取和分类器建立(匹配)进行改进,并取得了丰富的研究成果<sup>[2-4]</sup>。

而本文采用的方法是在样本训练集的基础上对部分样本进行聚合。使用聚合图像可以同时与多个人脸图像进行特征提取,增加人脸特征的数量;在进行特征匹配时测试图像可以同时与多张人脸图像进行特征匹配。

文献[5]中已经证明了 FAST 角点检测器优越的特征

收稿日期:2015-07

提取能力和 SURF 描述子强大的描绘力。本文使用 FAST 检测器和 SURF 描述子对聚合图像进行处理,其具体步骤如下:

1) 在人脸数据中每人随机选取  $n$  张图像并使用图像叠加的方式聚合成一幅训练图像,并将剩余的人脸图像作为测试图像;

2) 分别对训练图像和测试图像进行特征点阈值设置并特征点检测,利用 FAST 角点检测器进行特征点检测;

3) 使用特征描述子对训练图像和测试图像中检测到的特征点进行特征描述,得到训练图像和测试图像的特征向量集;

4) 计算训练图像和测试图像中对应特征向量集的距离,得到匹配结果。

## 2 FAST 特征点检测

FAST(features from accelerated segment test) 特征检测算法是由 Edward Rosten 和 Tom Drummond 在 2006 年发表的“Machine learning for high-speed corner detection”中提出的,并于 2010 年对论文中的部分内容进行修改<sup>[6-7]</sup>。FAST 特征检测以角点作为特征提取对象。角点作为图像中某些属性极为突出的点,可以是二维图像中临近像素点亮度值剧烈变化的点,也可以是图像边缘曲线上曲率的极大值点等。角点作为图像中的重要属性,不但能够存储图中的重要特征还能够有效的缩减信息的数据量<sup>[8]</sup>。Rosten 等人将 FAST 角点定义为:若某像素点周围区域内足够多的像素点和该像素点处于不同的区域,即该像素点的属性与其他像素点不同,则该像素点可能为角点。而在灰度图像中,若该像素点的灰度值(亮度值)比其周围区域内足够多的像素点的灰度值不等,则该点可能为角点。其检测方法具体步骤为:

1) 在图片中选取一个像素点  $P$ ,其亮度值为  $L_p$ ;

2) 选取合适的阈值  $t$ ;

3) 以该像素点为中心以 3 为半径做圆,得到经过该圆的 16 个像素点,如图 1 所示;

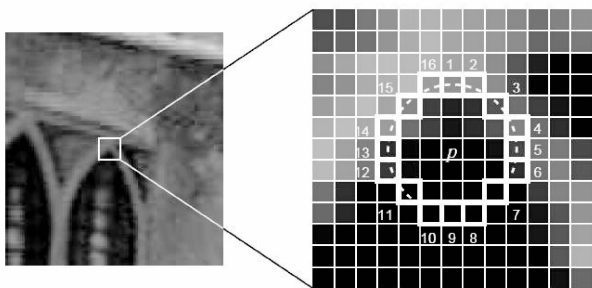


图 1 圆环示意

4) 若 16 个像素点中有连续超过 12 个点的亮度值全部大于  $L_p + t$  或全部小于  $L_p - t$ ,则该点可视为角点。

FAST 角点检测算法很好的借鉴了机器学习理论<sup>[9]</sup>。使用机器学习方法可以在该圆的 16 个像素点的 16 个方向上进行训练并得到一颗决策树。根据该决策树,对该像素点进行判定时不必对每一个方向都进行检测,只需要该决策树指定的方向进行判断就可以确定该像素点是否为角点。这样大大加快了角点检测的速度。

使用 FAST 角点检测算法对聚合图像进行角点检测,结果如图 2 所示。

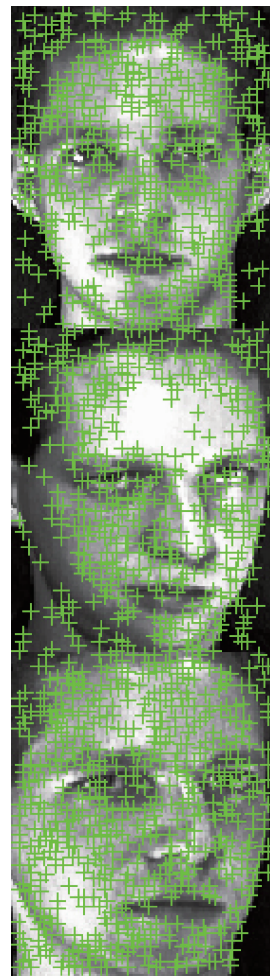


图 2 聚合图像特征点检测结果

## 3 SURF 特征描述子

为了能够更加鲁棒的处理图像变换的各种情况,通常需要针对所检测到的特征点的邻域设计具有一定不变性的特征描述子,在最后的匹配步骤中,通过匹配描述子来确定图像中的对应点<sup>[10]</sup>。采用的特征描述子为 SURF(加速鲁棒特征)特征描述子<sup>[11]</sup>。

SURF 算法是由 SIFT(scale-invariant feature transform,尺度不变特征转换)算法改进而来的。SIFT 是一种局部特征提取算法,能够对图像的旋转、尺度伸缩、亮度变化保持不变性;对仿射变换、视角变化、噪声也能够保持一

定的鲁棒性等优点。但是 SIFT 算法的计算复杂度较高,且受光照强度的变化影响较大<sup>[12-13]</sup>。

SURF 算法继承了 SIFT 算法的大部分优点,而其计算复杂度大大降低,因此 SURF 算法拥有比 SIFT 更快的速度,能够达到 SIFT 算法的 3~5 倍,达到实时性的要求。构建 SURF 描述子的基本步骤为:

1) 假设特征点所在图像的尺度值为  $S$ , 以特征点为中心, 以  $6S$  为半径, 统计  $60^\circ$  扇形内所有点在水平方向  $x$  和垂直方向  $y$  的 Haar 小波响应并得到小波响应的总和 (Harr 小波边长为  $4S$ )<sup>[14]</sup>。

2) 在  $60^\circ$  范围内对响应高斯加权求和得到新的矢量, 遍历整个区域, 以最长矢量方向最为特征点的主方向。

3) 以特征点为中心取边为  $20S$  的正方形框, 其方向为特征点主方向; 将该框划分为  $4 \times 4$  的子区域, 在每个子区域内统计  $5 \times 5$  个水平方向  $x$  的 Haar 小波特征和垂直方向 Haar 小波特征, 则该子区域的小波特征可描述为水平方向值之和、水平方向绝对值之和、垂直方向值之和、垂直方向绝对值之和。所以每个子区域可以用用矢量来表示:

$$V_{xy} = (\sum dx, \sum d|x|, \sum dy, \sum d|y|) \quad (1)$$

整个正方形框共有  $4 \times 4$  个子区域, 将所有正方形框的子区域矢量连接在一起, 所以每个特征点可以得到一个长度为  $4 \times 4 \times 4 = 64$  维的描述子矢量, 即为该特征点的特征向量。假设训练图像中的特征点个数为  $M$ , 则每幅训练图像特征集中特征向量的个数也为  $M$ 。如图 3 所示为单特征点的描述子矢量。

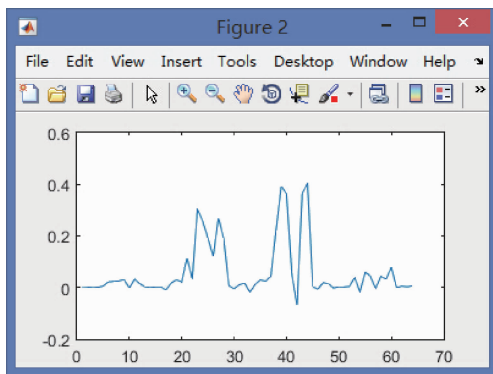


图 3 单特征点描述子矢量

## 4 匹配

使用 SURF 特征点描述子得到了训练图像和测试图像的特征集, 为达到识别的目的, 需要对训练图像和测试图像两个特征集进行匹配。由于训练图像是由  $n$  幅人脸图像叠加成的, 而测试图像是由一幅人脸图像构成, 所以假设测试图像中特征点的个数为  $N$ , 则训练图像中特征点个数  $M \approx n \times N$ 。在特征匹配过程中首先

使用 SAD 算法<sup>[15]</sup> 在训练图像中  $M$  个特征点中找到与测试图像中的  $N$  个特征点最相似的  $N$  个特征点, 计算这些点的特征向量与测试图像中对应点的特征向量之间的距离, 最小平均距离即为最佳匹配结果。如图 4 所示为相似特征点匹配结果。



图 4 相似特征点匹配结果

以 att\_faces 人脸数据库为例, 该数据库共有 40 组人脸数据, 每组 10 幅人脸图像。经过特征点检测和特征描述得到 40 组特征向量集。在匹配时, 测试图像中的特征点在各训练图像中找到最合适的对应点, 分别计算各对应特征向量之间的距离, 得到 40 组距离向量, 每组距离向量代表测试图像和一幅训练图像中对应向量的距离, 向量中的每个元素代表一组对应点特征向量的距离。计算距离向量中元素的平均值, 最小值即为当前测试图像匹配到的最佳结果。

## 5 结果及分析

使用 att\_faces 人脸数据库, 选取不同数目的人脸图像聚合为训练图像, 将剩余所有人脸图像与训练图像进行匹配, 得到正确率和平均匹配时间 (CPU: core i5 4210 M, 2.6 GHz; Memory: 4G)。

使用 att\_faces 人脸数据库, 对比了两种基于特征提取和匹配的方法 (本文方法、BRISK+SURF) 和一种基于统计特征点的方法 (PCA), 主要对比了其识别率、平均识

别时间等(CPU: core i5 4210 M, 2.6 GHz; Memory: 4 G)<sup>[16]</sup>。结果如表1~3所示。

表1 方法一:本文方法

Selection	Mean Points	Correct rate(%)	mean time/s
1	568	80.56	0.29
2	1 029	85.94	0.46
3	1 657	93.57	0.60
4	2 149	99.58	0.76

表2 方法二:BRISK+SURF

Selection	Mean Points	Correct rate(%)	mean time/s
1	141	62.22	0.11
2	236	71.19	0.18
3	348	78.00	0.25
4	516	85.25	0.31

表3 方法三:PCA

Selection	Correct rate(%)	mean time/s
1	65.56	0.014
2	76.25	0.023
3	78.21	0.029
4	82.08	0.037

其中 Selection 为聚合图像之前选取的人脸图像数; Mean Points 表示平均特征点数; Correct rate 表示识别率; mean time/s 表示平均识别时间。方法三未使用聚合图像,如表3所示。

从实验结果中可以看出,本文方法在识别速度与方法三差距较大,但其在识别率本文方法明显优于方法三。本文方法和方法二(如表2所示)都使用了聚合图像,可以看出:本文方法在特征点检测数量和识别率上要明显优于方法二;随着聚合图像使用的人脸图像数的增加,本文方法和方法二在检测到的特征点的数量和识别率上都有明显增加,其识别时间也有所增加。这是由于训练图像是由多幅人脸图像聚合而成的,选取的人脸图像越多,训练图像中检测到的特征点的数量越多,测试图像的特征点可以匹配到更合适的匹配点,在这个过程中消耗的时间也越多。

## 6 结 论

本文以角点作为特征点,使用 FAST 角点检测器和 SURF 描述子对聚合图像进行特征提取和描述,最后进行特征匹配。通过与其他人脸识别方法进行对比表明,本文方法在识别率方面具有明显的优势,即使使用单张人脸图像依旧能够获得较多的特征点和较高的匹配率;而使用聚合图像时,随着聚合图像使用的单张人脸图像的增加,其特征点的数量明显增加,其识别率也明显提高。

## 参 考 文 献

- [1] 赵汝哲. 基于单样本训练集的人脸识别研究[D]. 重庆:重庆大学,2012.
- [2] 徐晓艳. 人脸识别技术综述[J]. 电子测试,2015(9): 30-35,45.
- [3] 王国强,李龙星,郭晓波,等. 基于稀疏保持判别嵌入的人脸识别[J]. 仪器仪表学报,2014,35(2): 305-312.
- [4] 胡敏,程天梅,王晓华,等. 融合全局和局部特征的人脸识别[J]. 电子测量与仪器学报,2013,27(9): 817-822.
- [5] 王飞宇,邸男,贾平,等. 结合尺度空间 FAST 角点检测器和 SURF 描绘器的图像特征[J]. 液晶与显示,2014,39(4):598-604.
- [6] ROSTEN E, DRUMMOND T. Machine learning for high speed corner detection[C]. In 9th European Conference on Computer Vision, 2006:430-443.
- [7] ROSTEN E, PORTER R, DRUMMOND T. Faster and better: a machine learning approach to corner detection[J]. In IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2010,32(1):105-119.
- [8] 赵文彬,张艳宁. 角点检测技术综述[J]. 计算机应用研究,2006,10:17-19
- [9] PATRICK E, SèGONNE F, KERIVEN R. Active-contour-based image segmentation using machine learning techniques[C]. Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention- MICCAI, 2007: 891-899.
- [10] 曾慧,穆志纯,王秀青. 一种鲁棒的图像局部特征区域的描述方法[J]. 自动化学报,2011(6):658-664.
- [11] BAY H, ESS A, TUYTELAARS T. Speeded-up robust features[J]. Computer Vision and Image Understanding,2008(3):346-359.
- [12] HAMZAH R A, RAHIM R A, NOH Z M. Sum of absolute differences algorithm in stereo correspondence problem for stereo matching in computer vision application[C]. 2010 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 2010:652-657.
- [13] 杨世沛,陈杰,周莉,等. 一种基于 SIFT 的图像特征匹配方法[J]. 电子测量技术,2014,37(6):50-53.
- [14] BHATTACHARJEE D, SEAL A, GANGULY S, et al. A comparative study of human thermal face recognition based on Haar wavelet transform and local binary pattern[J]. Computational Intelligence & Neuroscience, 2012(1):167-185.

- [15] 岳陈平, 孟丽娅. 基于 SAD 算法的立体匹配的实  
现[J]. 微型机与应用, 2013, 32(6):41-43.
- [16] 林森, 苑玮琦, 宋辉. 二进制鲁棒不变尺度特征在非  
接触掌纹识别中的应用[J]. 仪器仪表学报, 2013,  
34(12):2785-2792.

## 作者简介

孙东辉, 教授, 北华航天工业学院。主要研究方向为  
智能仪器与控制装置、检测与传感器技术。

E-mail: lfsdh2000@126.com

冯登超, 工学博士, 副教授, 硕士生导师, 北华航天工  
业学院。主要研究方向为智能信息处理、机器视觉与数据  
融合。

E-mail: tyfdc001@163.com

鞠秀亮, 硕士研究生, 北华航天工业学院。主要研究  
方向为通信与信息处理。

E-mail: jxl529597457@163.com

(上接第 53 页)

## 参考文献

- [1] ROHDE U L, 胡铁君. 接收机测试方法-如何评估接  
收机[J]. 电子制作, 2012(3):6-13.
- [2] 张宸. 超短波无线电发射机常规电性能指标测试方法  
浅析[J]. 信息通信, 2014(3):191-193.
- [3] 张宸. 超短波无线电接收机常规电性能指标测试内  
容及方法浅析[J]. 大众科技, 2014(4):80-83.
- [4] 崔恩吉. 机载短波电台的电磁兼容性设计[J]. 通信与  
广播电视, 2007(3):25-30.
- [5] 成都十所. 某型机载超短波电台技术说明书[Z]. 2011.
- [6] 徐典科, 赵云, 姚金宝, 等. 机载雷达有源干扰原位检  
测技术及应用[J]. 电子测试, 2014(12):80-82.
- [7] 孙英侠, 李亚利, 宁宇鹏. 频谱分析原理及频谱分析  
使用技巧[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(7):76-80.
- [8] 陈淑凤, 马蔚宇, 马晓庆. 电磁兼容试验技术[M]. 北

京:北京邮电大学出版社, 2012.

- [9] 李秀峰. 车载通信系统电磁兼容测试与评估[D]. 西  
安:西安电子科技大学, 2006.
- [10] 高帆. 基于双通道矢量信号发生器的多模无线电导  
航系统性能测试方法[J]. 国外电子测量技术, 2014,  
33(12):11-14.
- [11] 张俊辉. 接收机噪声系数对接收灵敏度影响[J]. 电  
子技术与软件工程, 2014(20):53.

## 作者简介

韩海舰, 1982 年出生, 硕士研究生。主要研究方向为  
航空测控技术。

E-mail: happyhhj@126.com

李文海, 教授。主要研究方向为仪器与测试技术、自  
动测试系统等。