一种基于遮挡区域补偿的眼镜去除方法

胡国靖，娄　震
（南京理工大学 计算机科学与工程学院，南京 210094）

摘　要：为了提高戴眼镜人脸图像的识别率，提出了一种从人脸图像中检测并去除眼镜的方法。首先对输入的戴眼镜人脸图像与系统预留的无眼镜人脸图像进行基于人眼位置的标定，检测出眼镜遮挡区域，再用无眼镜人脸图像中对应的遮挡区域对戴眼镜人脸图像进行补偿，从而合成了对应输入图像的不戴眼镜的人脸图像。实验结果表明，该方法能有效地合成无眼镜人脸图像，将合成后的人脸图像再应用于人脸识别系统，识别率显著提高。

关键词：人脸识别；眼镜去除；图像标定；遮挡区域检测；图像合成
中图分类号：TP391.4　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1001-3695(2013)12-3863-03
doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2013.12.090

Eyeglasses removal method based on occlusion region compensation

HU Guo-jing, LOU Zhen
(*School of Computer Science & Engineering*, *Nanjing University of Science & Technology*, *Nanjing* 210094, *China*)

Abstract: This paper proposed an improving method to detect and then removed eyeglasses from facial image. First, it obtained the occluded region by calibrating the facial image with eyeglasses and the reserved one without eyeglasses. After the occlusion detection, it synthesized the facial image without eyeglasses by compensating the facial image which had eyeglasses with the occluded region. The experimental results show that this method can effectively synthesize facial image without eyeglasses and the recognition rate improves significantly when the synthesized image is applied to face recognition system.

Key words: face recognition; eyeglasses removal; image calibration; occlusion region detection; image synthesis

0　引言

在智能化日益广泛的今天，自动高效地进行身份认证变得越来越重要。常见的身份认证技术有指纹匹配、虹膜扫描、人脸识别等。人脸识别是将静态图像或动态视频中检测出的人脸图像与数据库中的人脸图像进行比对，找出与之匹配的人脸的过程，从而达到身份认证的目的，与其他识别技术相比，具有方便快捷、无须接触、可交互性强等优点[1]。人脸识别也面临着光照变化、姿态变化、物体遮挡等多方面的挑战，FERET[2]和FRVT[3]测试结果表明，物体遮挡是导致人脸识别系统性能严重下降的主要因素之一。眼镜作为一种常见的遮挡物体，通常会给识别结果带来较大影响。迄今为止，人们对于眼镜去除已经有了一定的研究，但是仍存在一些问题。Wu 等人[4]提出戴眼镜人脸图像和它对应的不戴眼镜人脸图像的联合概率分布模型，并通过该模型来合成不戴眼镜的人脸图像。他们首先定义 15 个特征点描述眼镜形状，然后根据最大后验概率准则来估计这 15 个特征点的位置，但是对于一些无框眼镜，想要精确定位这 15 个特征点是不现实的。Saito 等人[5]最早将 PCA 技术用于人脸图像的眼镜摘除，通过 PCA 重建的人脸图像是无眼镜的，然而眼镜所带来的重建误差被分散到整幅人脸图像，这样会影响识别效果。Du 等人[6]利用 PCA 迭代误差补偿算法重建眼镜遮挡区域的图像，但 PCA 提取的特征只呈现出人脸形状而对人脸细节表现不够。林庆等人[7]在 Du 等人的研究基础上增加了 ICA 特征提取，提出 PCA-ICA-W 方法，该方法虽然可以取得较好的结果，但事先也需要对大量人脸样本进行训练重建才能得到无眼镜人脸图像，因此很难应用于实际的人脸识别系统。

本文的眼镜去除方法是应用于实际的人脸识别身份认证系统。该系统首先利用二代身份证照片与对应同一人的第一段视频图像进行匹配，产生若干张预留图像以及相关信息存储至数据库，然后选取最好的一张图像并把该图像作为标准图像，继续与下一段视频图像进行匹配。现实场景中，由于采集得到的视频图像中的人可能戴眼镜也可能不戴眼镜，这里分为四种情况，如表 1 所示。由于本文研究对象是眼镜，并且可以要求在第一段视频中的人不戴眼镜，因此选择第四种情况。

表 1　同一人的两段视频的戴眼镜情况

情况	第一段视频	第二段视频	情况	第一段视频	第二段视频
1	不戴眼镜	不戴眼镜	3	戴眼镜	不戴眼镜
2	戴眼镜	戴眼镜	4	不戴眼镜	戴眼镜

这样，本文的无眼镜人脸图像就取自第一次匹配得到的预留图像，如图 1 所示；戴眼镜人脸图像取自对应无眼镜人的戴眼镜视频帧图像，如图 2 所示。

1　眼镜去除方法

本文的眼镜去除方法主要由标准图像（标准无眼镜人脸

收稿日期：2013-01-21；**修回日期**：2013-03-09

作者简介：胡国靖（1988-），男，安徽和县人，硕士，主要研究方向为图像处理、人脸识别（guojingnj@126.com）；娄震（1974-），男，副教授，博士，主要研究方向为图像处理与分析、模式识别理论与应用等.

图像)与场景图像(戴眼镜场景人脸图像)的获取、眼镜遮挡区域检测和图像合成三部分组成。结合引言中描述的人脸识别身份认证系统,图 3 展示了眼镜去除方法的系统流程。

图 1　无眼镜人脸图像

图 2　戴眼镜人脸图像

首先对输入的戴眼镜人脸图像 I 进行归一化得到场景图像 I_a,对从预留图像数据库中取出的无眼镜人脸图像进行归一化得到标准图像 I_b;然后通过对比场景图像 I_a 和标准图像 I_b 来检测眼镜遮挡区域,再用 I_b 中眼镜遮挡区域去补偿 I_a 中非眼镜遮挡区域,最终得到合成图像 I_s。

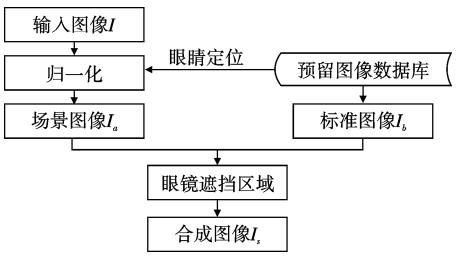


图 3　眼镜去除方法的系统流程

1.1　标准图像与场景图像的获取

首先,系统需要让二代证照片与第一段视频匹配建预留图像数据库。匹配过程如下:对二代证照片进行眼睛定位[8],根据眼睛坐标裁切出标准人脸图像 I_1(64 × 64 像素)以及左、右眼睛模板;再逐张取出视频帧图像并用 OpenCV 进行人脸检测[9],根据检测出的人脸区域裁切出图像 I_2(宽高为人脸区域的两倍),根据模板匹配算法[10],在图像 I_2 中搜索与左、右眼睛模板具有相近的尺寸、方向和图像的子图,确定其坐标位置,即完成图像 I_2 的眼睛定位;然后根据眼睛坐标裁切场景人脸图像 I_2,并对其归一化,使得到的场景人脸图像 I_3 与标准人脸图像 I_1 大小相同,并且眼睛在同一位置;最后,将处理完的所有场景人脸图像 I_3(64 × 64 像素)分别与标准人脸图像 I_1 进行像素间的欧式距离运算,选出距离最小的那张 I_3 并将对应的图像 I_2 进行裁切、放缩处理,最终得到如图 1 所示的无眼镜人脸图像,同时将其与眼睛坐标等信息一同存入预留图像数据库中。

开始对预留图像数据库中的无眼镜人脸图像进行预处理。根据眼睛坐标对人脸图像进行标定,得到大小为 128 × 128 像素的标准图像 I_b 以及左、右眼模板,将输入的图像 I(来自第二段视频帧图像)进行人脸检测[9],再采用模板匹配算法[10]对检测出的人脸区域进行眼睛定位,根据得到的眼睛坐标采用同样的方法对图像 I 作归一化处理,最后得到大小为 128 × 128 像素的场景图像 I_a。

1.2　眼镜遮挡区域检测

一般来说,眼镜遮挡区域主要包括镜框和镜片反光所遮挡的区域。眼镜遮挡区域检测的优劣直接影响到无眼镜人脸的合成以及整个人脸识别系统的性能。好的检测方法既能基本涵盖所有眼镜遮挡区域的信息,又能较好地保证戴眼镜人脸本身的信息完整性,因此,本文的眼镜遮挡区域检测过程如下:

a)将场景图像 I_a(如图 4(a))与标准图像 I_b(如图 4(b))做差运算,得到差图像 I_c(如图 4(c))。

b)对差图像 I_c 进行二值化[11],得到二值化图像 I_d(如图 4(d))。

c)由于图像 I_d 的眼镜遮挡区域附近含有一些细小空洞,为了填补这些空洞,这里对图像 I_d 进行极大值滤波,滑动窗口大小取 3 × 3,变换得到图像 I_e(如图 4(e))。

d)图像 I_e 虽然涵盖了整个眼镜遮挡区域,但同时也包含了其他无关区域,如鼻子、嘴等部位。因此,将图像 I_e 根据图像 I_b 的眼睛坐标上下选取一段区域 I_f(如图 4(f)),该区域要能够涵盖整个眼镜遮挡区域。

f)由于图像 I_f 中仍然存在一些小的连通区域无法合并,因此这里对这些区域一一标记[12],除去那些面积较小和不属于眼镜遮挡区域的干扰区域,最终检测得到眼镜遮挡区域 I_g(如图 4(g))。

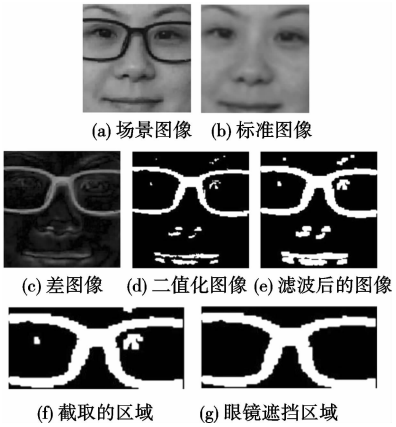


图 4　眼镜遮挡区域检测流程图像

1.3　眼镜去除

眼镜遮挡区域检测完成之后,用无眼镜标准人脸图像中对应遮挡区域部分来补偿戴眼镜场景人脸图像。方法如下:

a)将场景图像 I_a 和标准图像 I_b 的眼镜区域分别记为图像 I_m、I_n,如图 5 所示。对图像 I_m 按列扫描,计算每列非眼镜遮挡区域的平均灰度值 V_a,如下式:

$$V_a = \sum_{p \in E} V_p / n \tag{1}$$

其中:E 代表图像 I_m 中非眼镜遮挡区域;V_p 代表图中 p 点的灰度值;n 代表该列非眼镜遮挡区域的像素点数。

对图像 I_n 按列扫描,对应图像 I_m 中的非眼镜遮挡区域,同样,计算每列的平均灰度值 V_b,如下式:

$$V_b = \sum_{p \in E'} V_p / n \tag{2}$$

其中:E'代表图像 I_n 中非眼镜遮挡区域;V_p 代表图中 p 点的灰度值;n 代表该列非眼镜遮挡区域的像素点数。

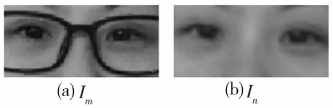


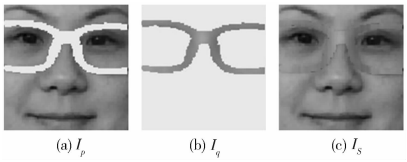
图 5　场景图像与标准图像的眼镜区域

b)分别计算对应每列的灰度比 r:

$$r = V_a / V_b \tag{3}$$

I_p 为场景图像 I_a 中的非眼镜遮挡区域;I_q 为标准图像 I_b 中的眼镜遮挡区域。根据式(4),得到合成图像 I_s,如图 6 所示。

$$I_s = I_p \times r + I_q \tag{4}$$



(a) I_p　(b) I_q　(c) I_S

图 6　图像合成过程

2　实验结果

2.1　实验方法

实验样本来自于 50 个人的二代身份证照片(无镜框)和 100 段场景视频,其中每个人两段视频,一段是戴眼镜的,另一段是不戴眼镜的。视频是通过 Lenovo P700 智能手机拍摄,拍摄环境为室内、光照适中,视频中的人脸为正面,并且除眼镜外无其他明显遮挡物。

系统首先把每个人的二代证照片与对应不戴眼镜的视频进行匹配,得到 50 张人脸预留图像。同样的方法,将 50 张人脸预留图像与对应的 50 段戴眼镜的人脸视频一一匹配,每组选出最好的一张戴眼镜图像,得到 50 张戴眼镜的人脸图像。然后分别检测出 50 张戴眼镜人脸图像中的眼镜遮挡区域,再用对应无眼镜人脸图像中的眼镜遮挡区域来补偿戴眼镜人脸图像,最后得到 50 张合成的无眼镜人脸图像。

分别对得到的 150 张人脸图像(128 × 128 像素)进行灰度拉伸、光照处理,并且归一化至 64 × 64 像素大小。将标准无眼镜人脸图像与戴眼镜人脸图像作为第一组实验样本,将标准无眼镜人脸图像与合成的无眼镜人脸图像作为第二组实验样本,分别对两组样本进行识别实验。实验前先对 150 张图像进行 LBP 特征提取[13],根据 LBP 特征,分别计算每张标准无眼镜人脸图像与 50 张场景人脸图像的欧式距离,根据同一个人的距离值尽可能最小、不同人的距离值尽可能较大这一判别原则得出识别结果。

2.2　实验结果

通过采用本文的眼镜去除方法,得到了较自然的无眼镜人脸合成图像。图 7 展示了戴眼镜人脸图像和对应的合成无眼镜人脸图像。

图 7　戴眼镜人脸图像以及合成图像的比较

将标准无眼镜人脸图像与去除前后的戴眼镜人脸图像分别进行识别实验,第一组样本为 50 张标准无眼镜人脸图像与 50 张戴眼镜人脸图像,第二组样本为 50 张标准无眼镜人脸图像与 50 张合成的无眼镜人脸图像。根据实验结果,绘制了如图 8 所示的 ROC 曲线图。

当错误接受率分别为 0.1%、1% 和 10% 时,第一组实验对应的正确认识率分别是 63.5%、68.1%、78.3%,第二组实验对应的正确认识率分别为 68.5%、79.1%、90.8%。对比两组数据可以看出,将戴眼镜人的眼镜去除后再进行实验,识别率显著提高。

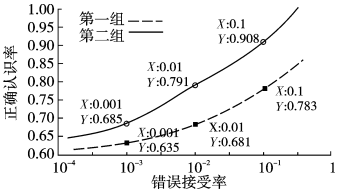


图 8　两组样本的识别结果比较

3　结束语

本文提出一种基于遮挡区域补偿的眼镜去除方法,该方法通过检测眼镜遮挡区域并取出无眼镜人脸图像中对应区域,将该区域与戴眼镜人脸图像中的非眼镜遮挡区域有效地进行镶嵌,最终得到满意的无眼镜合成人脸图像。将合成无眼镜人脸图像和原戴眼镜人脸图像分别与无眼镜标准人脸图像作对比识别实验。结果表明,本文提出的眼镜去除方法有效地提高了系统识别率。

在今后的工作中,将继续研究两种不同色调的人脸部位图像如何更好地进行镶嵌合成,以最终获得更自然的整体人脸图像;另外扩大实验样本数量、类别,在真实环境下进行大规模测试,进一步提高系统识别性能。

参考文献:

[1] ZHAO W, CHELLAPPA R, PHILLIPS P J, *et al*. Face recognition: a literature survey[J]. ACM Computing Surveys, 2003, 35(4): 399-458.

[2] PHILLIPS P J, WECHSLER H, HUANG J, *et al*. The FERET database and evaluation procedure for face-recognition algorithms[J]. Image and Vision Computing, 1998, 16(5): 295-306.

[3] PHILLIPS P J, GROTHER P, MICHEALS R J, *et al*. FRVT 2002: evaluation report[EB/OL]. (2003-03-15)[2008-08-16]. http://www.frvt.org/FRVT2002/documents.htm.

[4] WU Chen-yu, LIU Ce, SHUM Heung-yueng, *et al*. Automatic eyeglasses removal from face images[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2004, 26(3): 322-336.

[5] SAITO Y, KENMOCHI Y, KOTANI K. Estimation of eyeglassless facial images using principal component analysis[C]//Proc of IEEE International Conference on Image Processing. Piscataway: IEEE Press, 1999: 197-201.

[6] DU Cheng, SU Guang-da. Eyeglasses removal from facial images[J]. Pattern Recognition Letters, 2005, 26(14): 2215-2220.

[7] 林庆,单平平. 眼镜遮挡下的正面人脸识别[J]. 计算机科学, 2011, 38(8): 269-271.

[8] 戴景文,刘丹,苏剑波. 基于投影峰的眼睛快速定位方法[J]. 模式识别与人工智能, 2009, 22(4): 605-609.

[9] VIOLA P, JONES M J. Robust real-time face detection[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 57(2): 137-154.

[10] 栾柱晓,唐琏,郑群英. 一种改进的人眼模板匹配算法[J]. 计算机系统应用, 2009, 18(12): 75-78.

[11] 徐长新,彭国华. 二维 Otsu 阈值法的快速算法[J]. 计算机应用, 2012, 32(5): 1258-1260.

[12] 张云哲,赵海,宋纯贺,等. 一种新的连通区域标记算法[J]. 计算机应用研究, 2010, 27(11): 4335-4337.

[13] AHONEN T, HADID A. Face recognition with local binary patterns: application to face recognition[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2006, 28(12): 469-481.