

摘要

作为一种生物特征识别技术,人脸识别在过去的几十年中得到了深入的发展,目前在完全可控环境下的人脸识别已经能够取得令人满意的识别性能。但在实际应用中,人脸识别中的多种因素往往是不可控的,例如,光照变化,姿态变化,表情变化,模糊和遮挡等。实用环境中这些不可控的因素,对人脸识别的研究带来新的挑战。

本文针对光照鲁棒的人脸识别问题,采用人脸图像光照预处理的技术路线,在进行识别之前,首先消除所有人脸图像中不均匀的光照变化,从而可以不必重新设计识别算法便可实现光照鲁棒的人脸识别。概括而言,本文的贡献主要包括:

(1)综述了人脸识别中现有的光照处理方法并对代表性的光照预处理方法进行了实验对比。实验对比涵盖了全局模式与局部模式对光照预处理方法性能的影响,不同方法光照预处理后人脸图像的主观效果对比以及可控光照条件与非可控光照条件下光照预处理对提高识别算法性能的有效性共四个不同的对比角度。基于实验对比,对现有方法的优点和不足进行了总结,并提出了人脸图像光照预处理的新思路。

(2)提出了基于图像增强的光照预处理方法。如果将人脸视为一般物体,则光照预处理过程中可以直接采用一般化的图像增强技术,提出了基于小波同态滤波的光照预处理和最大化光照一致性的光照预处理。基于小波同态滤波的光照预处理同时保留了小尺度人脸反射属性和大尺度人脸明暗变化,并对图像噪声进行了抑制。最大化光照一致性的光照预处理,使预处理后测试图像与原型图像中光照尽可能一致,从而使识别过程中测试图像与不同原型图像之间的相似度更具可比性。实验表明,保留大尺度人脸特征,抑制图像噪声和最大化测试图像与原型图像之间的光照一致性均能进一步提高光照预处理方法的有效性。

(3)提出了基于人脸先验的光照预处理方法。从理解人脸图像中人脸对象的角度出发,可以利用人脸的先验属性进行光照预处理,提出了基于人脸光照统计先验的光照预处理和基于人脸对称性先验的光照预处理。基于人脸光照统计先验的光照预处理采用低维子空间对人脸图像的光照分量进行统计建模,作为光照分量的统计先验,从而实现有参数光照预处理方法的自适应参数选择。基于人脸对称性先验的光照预处理同时优化对人脸图像两个对称子区域的光照预处理,对阴影中的人脸子区域进行光照预处理时,可以参考具有理想曝光的对称子区域的人脸属性,从而更好的恢复阴影中的人脸特征。在不同数据库上的实验证明,人脸光照统计先验模型可

以提高人脸图像光照分量估计的准确性, 基于人脸对称性可以有效的恢复侧光条件下阴影区域中的人脸特征。

(4)提出了光照自适应的光照预处理方法。从理解人脸图像中光照的角度出发, 在光照预处理过程中针对不同的光照条件采用不同的光照处理模式。现有的光照预处理方法在处理具有不同光照的人脸图像时, 通常采用完全相同的光照处理模式。然而, 实验表明, 传统光照预处理方法中的光照处理方式会对识别算法性能的提升带来损失, 甚至某些光照预处理方法对识别性能提升所造成的损失会完全抵消其带来的增益。因此, 更合理的光照预处理方法应当是依据人脸图像中特定的光照属性, 自适应的确定其最佳的光照预处理模式。在多个数据库上的实验表明, 光照自适应的光照处理方法对于提高识别算法对光照变化的鲁棒性更有效, 同时跨数据库的训练和测试证明, 所提出的光照处理方法具有良好的推广能力。

(5)提出了面向可分性的光照预处理方法。从理解光照处理最终目标的角度出发, 光照预处理应当以增强不同人脸的可分性为直接目标。通过对现有光照预处理方法的总结发现, 现有方法在光照预处理过程中, 通常以增强人脸图像的主观效果为直接目标。然而, 光照预处理后人脸图像的主观效果好并不意味着最终的识别性能高。究其原因, 是图像增强和人脸可分性提高之间并没有必然的联系。针对这一问题, 在面向可分性的光照预处理中, 将人脸光照预处理建模为最大化人脸可分性的过程, 即将提高人脸可分性作为光照预处理的直接目标, 从而在光照预处理和提高人脸可分性之间建立了显式的联系。实验表明, 面向可分性的光照预处理比以图像增强为直接目标的光照预处理更有效, 同时跨数据库的训练和测试证明所提出的方法具有较好的推广能力。

综上所述, 本文针对人脸识别中的光照问题进行了深入的研究, 提出了四种新的人脸图像光照预处理方法。大量实验结果表明本文所提出的人脸光照预处理方法, 可以有效的消除人脸图像中不均匀的光照, 从而提高人脸识别算法对光照变化的鲁棒性。

关键词: 人脸识别; 光照预处理; 图像增强; 小波同态滤波; 最大化光照一致性; 人脸光照统计先验; 人脸对称性先验; 光照自适应; 面向可分性