

网络优先数字出版时间:2015-01-14

网络优先数字出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/45.1075.N.20150114.1023.004.html>

基于对称区块的人脸图像光照补偿算法*

Face Illumination Compensation Algorithm Based on Symmetrical Blocks

胡伟平

HU Wei-ping

(广西科技大学计算机学院, 广西柳州 545006)

(Guangxi University of Science and Technology, College of Computer Science, Liuzhou, Guangxi, 545006, China)

摘要:【目的】改善人脸光照补偿算法的效果,提高人脸图像预处理的质量。【方法】利用人脸左右对称的特点,提出一个基于对称区块的人脸光照补偿算法,利用人脸区块的平均灰度值对人脸图像的对称点进行光照补偿。【结果】该方法对于人脸图像有很好的光照补偿效果,优于直方图均衡化、灰度变换等常用光照补偿方法。【结论】基于对称区块的光照补偿算法对于具有对称特点的图像有补偿效果。

关键词:光照补偿 对称区块 算法

中图分类号:TP181 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2015)01-0064-05

Abstract:【Objective】To improve the effect of face illumination compensation algorithm and raise the quality of image preprocessing. 【Methods】Considering the symmetry of human face, an illumination compensation algorithm based on symmetric blocks is proposed. In this algorithm, the mean gray values of symmetry blocks are used to compensate the corresponding points. 【Results】Experimental results show that the method is more effective than common algorithms such as the histogram equalization and gray-scale transformation, and etc. 【Conclusion】Illumination compensation algorithm based on symmetric blocks is effective for the images with symmetrical features.

Key words: illumination compensation, symmetry blocks, algorithm

0 引言

【研究意义】人脸图像对光照十分敏感,这归因于两个方面,其一是人脸自身的特性,人脸本身是非刚性的,并且五官是立体的,在不同角度的光照条件下,会在人脸产生明暗等不同的变化;其二是拍摄时各种条件的影响,光照、曝光、拍摄角度等都会对图像产生很大的影响。大量实验结果表明,光照的变化会让人脸识别率急剧下降,同一个人在不同光

照下的区别甚至大于不同人在同一个光照条件下的区别。这种类内差异大于类间差异的现象使得人脸光照消除与补偿成为人脸识别系统的必备前置程序。【前人研究进展】对于光照的消除与补偿问题,目前的研究主要从两个方面展开:改进识别算法本身的角度和图像预处理的角度。其中改进识别算法是从识别算法的本质出发,尝试提取出人脸图像中与光照无关的特征,从而从根本上消除光照的影响,主要采用统计学方法,如主成分分析(Principle Component Analysis, PCA)^[1]和Fisher线性判别(Fisher Linear Discriminant, FLD)^[2],贝叶斯(Bayesian)方法^[3]及弹性图匹配算法^[4,5]等;图像预处理的方法则是在人脸识别系统前加上前置的图像预处理程序,最大程度地减弱或者消除光照的影响,根据使用方法的的不同又大致可以分为人脸建模

收稿日期:2014-11-10

作者简介:胡伟平(1979-),男,博士,讲师,主要从事人工智能和图像处理方面的研究。

*国家自然科学基金项目(61303229)资助。

法^[6,7]、光照补偿法^[8~11]和不变特征提取法^[12]。人脸建模法和统计学方法需要大量的训练数据,阻碍了这两类方法的应用,不变特征提取法是从根本上解决光照问题的一种思路,但目前多数情况下只能得到不精确的特征,精确的不变特征提取问题的难度甚至高于光照消除的难度。光照补偿法除了最常见的直方图均衡化、灰度变换、同态滤波和 Gamma 灰度校正等常规算法之外,不少研究者针对非均匀变化的光照也提出了改进算法^[13,14],比如山世光等提出的自适应直方图均衡化和分块直方图均衡化方法。基于 Retinex 理论的方法也被广泛用于光照补偿^[15~18]。【本研究切入点】光照补偿法由于其实现简单,不需要大量训练数据,是目前应用最广的灰度归一化方法,但光照补偿算法并未考虑人脸图像本身的特点,对于人脸图像,特别对于左右光照差距较大的人脸图像,光照补偿效果并不明显。【拟解决的关键问题】对对称特点十分明显的人脸图像,分析光照的分布情况,有针对性地设计光照补偿算法,改善光照补偿算法的效果。

1 基于对称区块的人脸光照补偿算法

基于对称区块的人脸光照补偿算法的基本思想是在理想条件下,人的脸部应该具有均匀的光照,即人的左右半脸相应对称点的灰度应该非常接近,那么对于左右光照有较大变化的人脸图像,可以考虑使用其中一边的灰度替代另一边的灰度。但如果对灰度图像直接进行替代,会将细节信息也一起复制过去,从而引起图像失真。为此,考虑使用背景灰度来进行补偿,即使用某一个点周围点的平均期望来对对称点进行光照补偿。算法的步骤如下:

步骤 1 确定光源情况。

算法首先需要确定出光源位置,从而确定哪半边脸作为基准来开展光照的补偿。首先确定人脸的中轴线,选取两个内眼角的中点作为划分依据,如图 1,之后分别计算两边的平均灰度,根据平均灰度情况确定光源位置,如果左边的平均灰度大,说明光从左边照过来,则以左脸为基准,反之则以右脸为基准。

步骤 2 光照补偿。

以光源在左侧的情况为例,设两个内眼角的中点为 (x_0, y_0) ,则可以根据公式(1)和(2)来对右侧人脸灰度进行补偿。

$$\begin{aligned} I'(x, y) = I(x, y) + \overline{h(2x_0 - x, y)} - \overline{h(x, y)}, \\ x > x_0, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\overline{h(x, y)} = \sum_{x-m \leq i \leq x+m, y-m \leq j \leq y+m} I(i, j). \quad (2)$$

其中 $I(x, y), I'(x, y)$ 分别是点 (x, y) 处补偿前后的灰度, $\overline{h(x, y)}$ 是点 (x, y) 附近 $(2m+1) \times (2m+1)$ 区间的 $(2m+1)^2$ 个像素点的灰度平均值, $(2x_0 - x, y)$ 是点 (x, y) 相对点 (x_0, y_0) 的在右侧的对称点, $\overline{h(2x_0 - x, y)}$ 是该对称点附近 $(2m+1) \times (2m+1)$ 区间的 $(2m+1)^2$ 个像素点的灰度平均值。



图 1 人脸的左右半脸划分

Fig. 1 Division of the left and right half-face

利用对称点之间的背景灰度差来补偿光照,从而达到光照左右平衡的目的。在公式(1)中,选用一个点附近若干个像素点的灰度平均值作为该点的背景灰度。选取的像素点越少,则调整的灰度越精确,左右对称点的光照越接近;选取的像素点越多,调整的灰度越小,左右对称点的光照差异越大。但如果选取的像素点过少,将会复制更多的细节到对称点上,从而引起失真,所以像素点个数的选择应该适中。

该算法在人脸图像对称性较好的情况下可以取得很好的效果,但人脸本身不可能完全对称,而且相片中的人脸也不可能完全是正面,或多或少都会有一些偏头或者侧脸的情况,这种图像经过前两步之后会产生边缘异常,即有可能在人脸外侧多出一些或者是人脸内侧少一些数据,如图 2。



图 2 侧脸情况下的补偿异常情况

Fig. 2 Abnormal compensation condition under profile situation

对于侧脸的情况,需要对以上算法进行改进,使用基于特征线对的 morph 算法来进行图像变形^[19],从而解决人脸非正面的情况。改进后的算法流程见图 3,在原算法的基础上增加了一步对亮度较高半脸进行图像变形的环节,从而保证亮度较高半脸在形状上与另半边脸完全吻合,这样再进行光照补偿时就不会出现多一块或者缺一部分的情况。

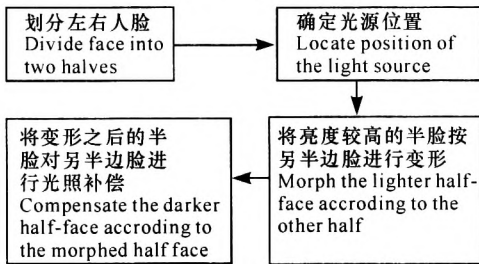


图 3 改进之后的算法步骤

Fig. 3 Steps of the algorithm after improvement

对于图 2 中的例子,使用改进之后的算法步骤,取得的结果如图 4。对于该图中的人物,由于明显左偏,导致人物的右脸大于左脸,且左边明显偏暗,以左半脸为基准对右半脸做图像变形之后,右半脸在形状上与左半脸吻合一致,在这种情况下,再做光照补偿,将消除图 2 中的边缘异常现象。

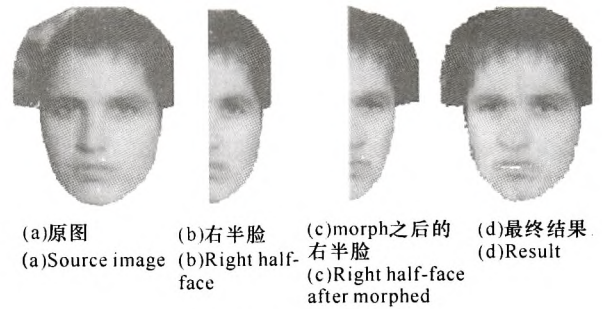


图 4 改进后的结果

Fig. 4 Results of the algorithm after improvement

2 算法验证

为了验证算法,选取 FG-NET 数据库^[20]中来自 82 个不同人的 370 张正面人像作为样本,在 Matlab 下做了测试。样本图像首先经过几何预处理,得到大小为 135×174(像素)且瞳孔位置完全相同的灰度图像,之后使用对称区块光照补偿算法对图像进行处理,同时将补偿结果与直方图均衡化、直方图双向均衡化、灰度变换、同态滤波以及 Gamma 灰度矫正的结果作对比,结果显示,经过处理之后的图像很好的解决了人脸光照左右不一的情况,其补偿效果优于常用算法(图 5)。



图 5 FG-NET 数据库的部分人脸图像以及使用不同补偿方法进行光照补偿之后的图像

Fig. 5 Part of face images and compensated images via difference methods

3 讨论

本文所提出的基于对称区块的人脸图像光照补偿算法,是利用人脸左右对称的特点而设计出来的一个算法,对于具有对称特征的图像,均有较好的光照补偿效果,增加图形变形模块之后,该算法对于偏转角度在 $\pm 20^\circ$ 以内的图像均能很好处理。这种利用图像本身特点的设计思路,可以为类似的系统设计提供一些借鉴和参考。

但是,本文提出的算法也有一些不足,特别是对于一些脸上有痣、痣等特殊特征的图像,可能会造成特有特征的丢失。原因主要是在算法中,使用对称点的背景光照差来进行补偿,而对于有特有特征的图像,算法会将这些特征当做是背景噪声,而加以清除,从而造成特征细节的丢失,图6中的老妇人额头上明显的痣经过算法处理之后消失。



图6 算法处理之后造成特征丢失

Fig. 6 Features loss after processing

针对这一不足,未来可以从两个方面进行改进:

1)增加特殊特征识别模块。设计专门的特殊特征识别模块,对于面部比较明显的痣等,进行专门的标记,在算法处理过程中加以保留。

2)增加人机交互模块。专门的特殊特征识别模块对于比较显眼的大块的痣比较容易处理,但是还有一些其他的特征比如刀疤、烫伤等无法全部列举出来,对于这种,可以增加人机交互的模块,如果机器发现了明显不用于正常人的特征又无法识别,则直接提交给人进行处理,从而实现人机的协同工作。

参考文献:

- [1] Turk M, Pentland A. Eigenfaces for recognition[J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1991, 3(1): 71-86.
- [2] Belhumeur P N, Hespanha J P, Kriegman D J. Eigenfaces vs. fisherfaces: Recognition using class specific linear projection[J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1997, 19(7): 711-720.
- [3] Moghaddam B, Jebara T, Pentland A. Bayesian face recognition[J]. *Pattern Recognition*, 2000, 33(11): 1771-1782.
- [4] Lades M, Vorbruggen J C, Buhmann J, et al. Distortion invariant object recognition in the dynamic link architecture[J]. *IEEE Transactions on Computers*, 1993, 42(3): 300-311.
- [5] Wiskott L, Fellous J M, Krüger N, et al. Face recognition by elastic bunch graph matching[J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1997, 19(7): 775-779.
- [6] Shashua A. On photometric issues in 3D visual recognition from a single 2D image[J]. *International Journal of Computer Vision*, 1997, 21(1-2): 99-122.
- [7] Georghiades A S, Belhumeur P N, Kriegman D J. From few to many: Illumination cone models for face recognition under variable lighting and pose [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2001, 23(6): 643-660.
- [8] Han H, Shan S G, Chen X L, et al. A comparative study on illumination preprocessing in face recognition[J]. *Pattern Recognition*, 2013, 46(6): 1691-1699.
- [9] Gonzalez G Z, Woods R E. *Digital Image Processing [M]*. 3rd edition. London: Prentice Hall, 2007.
- [10] Voicu L I, Myler H R, Weeks A R. Practical considerations on color image enhancement using homomorphic filtering[J]. *Journal of Electronic Imaging*, 1997, 1(3): 108-113.
- [11] Shi Y H, Yang J F, Wu R B. Reducing illumination based on nonlinear Gamma correction[C]//*IEEE International Conference on Image Processing*. San Antonio, TX, USA, 2007: 529-532.
- [12] Adini Y, Moses Y, Ullman S. Face recognition: The problem of compensating for changes in illumination direction[J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1997, 19(7): 721-732.
- [13] Shan S G, Gao W, Cao B, et al. Illumination normalization for robust face recognition against varying lighting conditions [C]//*IEEE International Workshop on Analysis and Modeling of Faces and Gestures*. Nice, France, 2003: 157-164.
- [14] 陈丹, 王国胤, 龚勋, 等. 一种适用于人脸检测的自适应光照补偿方法[J]. *计算机工程与应用*, 2012, 48(22): 175-178, 183.
Chen D, Wang G Y, Gong X, et al. Adaptive illumination compensation algorithm for face detection[J]. *Computer Engineering and Applications*, 2012, 48(22): 175-178, 183.

- [15] Land E, Mc Cann J. Lightness and retinex theory[J]. Journal of Optical Society of America, 1971, 61(1): 1-11.
- [16] Jobson D J, Rahman Zia-ur, Woodell G A. Properties and performance of a center/surround Retinex[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1997, 6(3): 451-462.
- [17] Jobson D J, Rahman Zia-ur, Woodell G A. A multi-scale Retinex for bridging the gap between color images and the human observation of scenes [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1997, 6(7): 965-976.
- [18] Rahman Zia-ur, Jobson D J, Woodell G A. Multi-scale Retinex for Color Image Enhancement[C]//International Conference on Image Processing. Lausanne, Switzerland, 1996: 1003-1006.
- [19] Beier T, Neely S. Feature-Based image metamorphosis [C]//Proceedings of the 19th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. New York, 1992: 35-42.
- [20] University of Cyprus. The FG-NET Aging Database [DB/OL]. [2013-03-09]. <http://sting.cycollege.ac.cy/~alanitis/fgnetaging/index.htm>, 2002.

(责任编辑:竺利波)

(上接第 58 页 Continue from page 58)

参考文献:

- [1] Grandel J. Aspects of Risk Theorey[M]. New York: Springer-Verlag, 1991.
- [2] Asmussen S. Ruin Probabilities[M]. Singapore: World Scientific, 2006.
- [3] Gerber H U. Mthematical fun with the compound binomial process[J]. Astin Bulletin, 1998, 18: 161-168.
- [4] 成世学, 伍彪. 完全离散的经典风险模型[J]. 运筹学学报, 1998, 2(3): 42-54.
Cheng S X, Wu B. Classical risk model in fully discrete setting[J]. Or Transactions, 1998, 2(3): 42-54.
- [5] Tan J Y, Yang X Q. The compound binomial model with randomized decisions on paying dividends[J]. In-su; Math Econ, 2006, 39: 1-18.
- [6] 方世祖, 张春梅, 王志攀. 带干扰的多险种离散风险模型的破产概率[J]. 广西大学学报: 自然科学版, 2007, 32(3): 282-284.
Fang S Z, Zhang C M, Wang Z P. Ruin probability for a discreet risk model of multiple line that is perturbed by diffusion[J]. Journal of Guangxi University: Nat Sci Ed, 2007, 32(3): 282-284.
- [7] 蒋志明, 王汉兴. 一类多险种风险模型过程的破产概率[J]. 应用数学与计算数学学报, 2000, 14(1): 56-62.
Jiang Z M, Wang H X. Ruin probability of a multitype insurance risk process[J]. Comm on Appl Math and Comput, 2000, 14(1): 56-62.
- [8] Gerber H U, Shiu E S W. On the time value of ruin [J]. North American Actuarial Journal, 1998, 2(1): 48-72.

(责任编辑:尹 闯)