

多方法结合的人脸图像光照补偿算法^①

郑 苑

(广东外语艺术职业学院 现代教育技术中心, 广州 510507)

摘 要: 将基于 Retinex 理论的光照补偿算法分别与直方图均衡化、gamma 灰度变换两种常见的、简单的预处理算法结合, 得到两种新的光照补偿预处理算法。从实验结果看, 结合算法明显改善了 Retinex 理论光照补偿算法对侧光纠正不均匀的现象, 可大幅度提高复杂光照环境下的人脸识别率。同时, 由于是两种简单预处理算法的结合, 保证了预处理效率。

关键词: Retinex; 直方图均衡化; gamma 灰度变换; 光照补偿

Illumination Compensation Algorithm for Face Images Based on Combination of Several Algorithms

ZHENG Yuan

(Modern Education Technology Center, Guangdong Teachers College of Foreign Language and Arts, Guangzhou 510507, China)

Abstract: Combining the illumination preprocessing algorithm based on Retinex theory with two common preprocessing algorithms, which are the histogram equalization and the gamma-gray-transformation, will result in two new illumination preprocessing algorithms. According to experimental findings, the resulting algorithms significantly improve side-lighting correction. This improvement can considerably increase face detection rate under complex photo environment. At the same time, as the new methods are based on two simple preprocessing algorithms, the preprocessing efficiency is ensured.

Key words: retinex; histogram equalization; gamma gray transform; illumination compensation

1 引言

人脸图像预处理是人脸识别的一个重要环节。由于人脸采集环境或光照不均匀等因素的影响, 导致脸图像间的灰度差异很大, 从而降低了各种人脸识别算法的性能。为此, 在人脸图像预处理阶段必须除光照等噪声, 以减少光照对后续处理算法的影响, 进而提高人脸识别系统的光照鲁棒性和识别率。

2 基于Retinex理论的光照补偿算法

在 Retinex 算法^[1]中, 一幅给定的图像 S 被分解成两幅不同的图像, 即入射图像和反射图像。

$$I(x, y) = R(x, y) * L(x, y) \quad (1)$$

其中, I 表示反射光, 即被观察者或照相机接收到

的我们看到的图像, L 表示入射光, R 表示物体的反射性质, 由物体的材料、形状、姿态等因素决定, 与光照无关。在公式中, L 直接决定了图像中像素所能达到的动态范围, R 决定了图像的内在性质。光照预处理实质就是从图像 S 中获得物体的反射性质 R , 进一步说就是抛开照射光 L 的影响来获得图像表面特性。

基于 Retinex 理论的光照补偿算法归结起来如图 1 所示^[2]。先在对数域中将原始图像分解成入射分量 (对应于图像的低频部分), 和反射分量 (对应于图像的高频部分)。接着通过对原图像进行高斯平滑来对入射分量做出预测, 然后用原始图像减去入射分量得到反射分量, 最后对结果图像取反对数就得到了增强后的图像。

① 收稿时间:2011-05-24;收到修改稿时间:2011-06-22

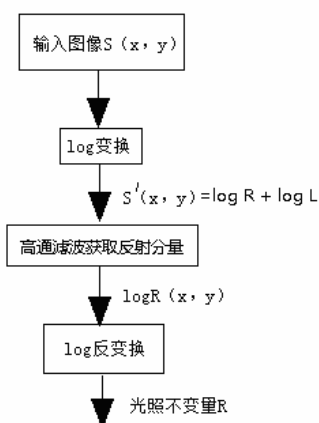


图 1 基于 Retinex 理论的算法执行步骤

图 2 所示为基于 Retinex 理论的光照补偿算法得到的光照预处理结果。



图 2 基于 Retinex 理论得到的预处理结果

从图 2 可见, 基于 Retinex 理论的光照补偿算法在侧光的情况下对光照的纠正力度不够, 在侧光方向上图像细节恢复不均匀; 为了得到更好的补偿效果, 我们尝试将基于 Retinex 理论的光照补偿算法与几种常用的光照预处理算法进行结合, 寻找一种鲁棒性强且高效的人脸图像预处理算法。经过大量的实验, 我们选取了识别率最高的两种结合方式进行介绍。

3 两种常用的光照补偿算法

3.1 直方图均衡化

直方图均衡化通常用来增加图像的局部对比度, 尤其是当图像的有用数据的对比度相当接近的时候。通过这种方法, 亮度可以更好地在直方图上分布。这样就可以用于增强局部的对比度而不影响整体的对比度, 直方图均衡化通过有效地扩展常用的亮度来实现对比度增强。图像进行直方图均衡化后, 直方图会变得比较平直, 图像看起来更加清晰, 从而在一定程度上削弱了光照的影响。

对于图像 S , 假定像素总数为 n , 灰度为 r_k 的像素数为 n_k 。灰度直方图就对应于概率密度函数, 而概率分布函数就是直方图的累积和, 用数学方法表示分别为:

$$p(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad (2)$$

$$P(r_k) = \sum_{i=0}^k \frac{n_i}{n} \quad (3)$$

直方图均衡化处理的中心思想是把原始图像的灰度直方图从比较集中的某个灰度区间变成在全部灰度范围内的均匀分布。

对图像空间域点的增强过程是通过增强函数 $t=EH(s)$ 来完成的, t 、 s 分别为目标图像和原始图像上的像素点 (x, y) 处的灰度值。累积分布函数可以完成 s 到 t 的均匀分布转换。直方图均衡化的转换方程如下:

$$t_k = EH(s_k) = \sum_{i=0}^k \frac{n_i}{n} = \sum_{i=0}^k P_s(s_i) \quad (4)$$

3.2 gamma 灰度校正

Gamma 校正^[3]是计算机图形学领域中普遍使用的技术, 通过改变 Gamma 参数来控制一幅图像的整体亮度。Gamma 灰度校正是传统 Gamma 校正的改进, 其基本思想是将待处理图像的光照校正到一个预先定义好的标准图像 I_0 , 由于 I_0 是标准光照条件下的图像, 进行此种变换后的图像可以被视为来自于和 I_0 相同的光照环境, 从而在一定程度上削弱了光照变化的影响。

利用 Gamma 灰度校正进行人脸图像光照预处理的主要流程^[3]: 预先定义一个标准的图像 I_0 , 该标准图像是在标准光照条件下获得的, 对于一幅在任意光照条件下获得的人脸图像 I , 通过 Gamma 变换将其校正成和标准图像 I_0 相同的光照情况。如式所示:

$$I'_{xy} = G(I_{xy}, \gamma^*) \quad (5)$$

其中, γ^* 是 Gamma 系数, 可以通过最小化变换图像和标准图像之间的差异来获得, 其表达式如下:

$$\gamma^* = \arg \min_{\gamma} \sum_{x,y} [G(I_{xy}, \gamma) - I_0(x, y)]^2 \quad (6)$$

4 多方法结合的光照补偿方式

将基于 Retinex 理论的光照补偿算法分别与直方图均衡化、Gamma 灰度校正两种图像预处理算法结合, 预处理的过程如图 3 所示。

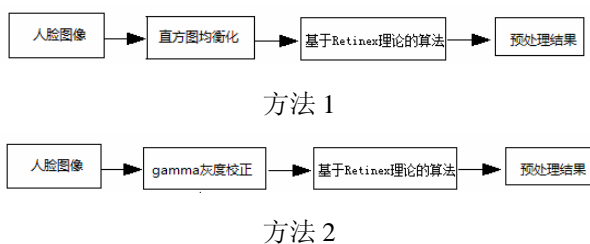


图 3 两种结合算法的执行过程

实验中,我们从 Yale B 人脸数据库中选取一幅受侧光影响的图像,根据图 3 所示的方法步骤分别进行预处理,得到的预处理结果如下所示。图 4 为根据方法 1 得到的预处理结果,图 5 是根据方法 2 得到的预处理结果。



图 4 方法 1 得到的预处理结果



图 5 方法 2 得到的预处理结果

从图像预处理的结果可以看出,通过各种预处理算法的结合,取长补短,能够取得单种预处理算法无法达到的预处理效果。

- 1) 通过直方图均衡化对灰度的均衡作用,可以削弱滤波中引起的光晕效果;
- 2) 对数变换,将除法运算转变为减法运算,在一定程度上抑制了图像的噪声;
- 3) 通过高斯滤波器滤去图像的低频分量,即与光照有关的入射分量,消除光照变化引起的图像的差异。

5 识别实验

我们选用 Yale B 人脸数据库进行人脸的识别实验,识别算法选用 LDA。Yale B 人脸数据库共包含 10 个人的 9 种不同姿态,每种姿态又包含 64 种不同的光照情况。由于我们只研究光照问题,所以在实验中只使

用正面人脸有轻微姿态变化的图像,共 640 幅。将其按照入射光线的不同角度分为 5 个子集。以集合 1 作为识别测试时训练集,剩下的 4 个集合分别作为测试集。其中子集 2 受轻微侧光影响,子集 3 受侧光影响严重,子集 4 受正面光影响,子集 5 几乎看不到人脸的情况。识别实验的结果如下表 1 所示。

表 1 基于 LDA 识别算法的识别率

	子集 2	子集 3	子集 4	子集 5
原始图像	0.9846	0.9385	0.5385	0.3238
直方图均衡化	0.9923	0.8901	0.5726	0.3609
Gamma 灰度变换	0.9923	0.9346	0.6769	0.4231
基于 Retinex 的算法	0.9923	0.9469	0.5638	0.3046
方法 1	1.0000	1.0000	1.0000	0.9846
方法 2	0.9923	1.0000	0.9769	0.7692

由识别的结果可以看到,经过结合得到的平均识别率比单种预处理算法得到的结果提高 20 个百分点,识别的效果比较理想。

参考文献

- 1 王彦臣,李树杰,黄廉卿.基于多尺度 Retinex 的数字 X 光图像增强方法研究.光学精密工程,2006,8.
- 2 卢晓菁.可变光照条件下人脸识别技术研究[硕士学位论文].广州:华侨大学,2007.
- 3 杜波.人脸识别中光照预处理研究[硕士学位论文].北京:中国科学院研究生院,2005.
- 4 龚卫国,杨利平,辜小花,李伟红.基于多级小波分解的人脸图像光照补偿方法.光学精密工程,2008,16(8):1459-1464.
- 5 郭宇聪,张星明,詹皇源,张咏梅.基于多方法融合的人脸图像光照纠正算法.计算机工程与设计 27,9,1547-1559.
- 6 胡元奎,汪增福.可变光照条件下的人脸图像识别.中国图象图形学报,2005,10(7):844-849.
- 7 李粉兰,段海峰,郝建国,唐文彦.人脸识别中光照补偿问题的实验研究.工程图学学报,2009,3.
- 8 卢晓菁,陈锻生.一种人脸图像光照补偿的新方法.小型微型计算机系统,2008,29(10):1864-1867.