

基于直方图的白平衡算法的研究

魏 超, 贺光辉

(上海交通大学 微电子学院, 上海 200240)

摘 要: 针对常见基于直方图的白平衡算法对于 RGB 各通道直方图相似度低时失效的问题, 提出了一种基于直方图匹配改进的自动白平衡算法. 利用 RGB 通道直方图的相似度对基于直方图匹配的白平衡算法增加有效性判断, 对于直方图相似度低的图片采用直方图平移算法处理. 结合直方图匹配与直方图平移的特点, 弥补单个算法的不足. 通多对大量图片测试表明, 该算法对图像偏色有较好的矫正效果, 且适用范围提高了 11%.

关键词: 白平衡; 直方图匹配; 直方图平移; 直方图相似度; 色偏

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2018)06-0075-04

Automatic White Balance Algorithm Based on Histogram

WEI Chao, HE Guang-hui

(School of Microelectronics, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: The common automatic white balance algorithm based on histogram is failure when there are great different between there color histograms. An automatic white balance based on histogram matching is applied. The histogram matching is used when three channels have high similarity in histogram. While the histogram similarity is low, histogram translation method is used to correct images respectively. The combination of histogram matching and histogram translation algorithm makes up for the deficiency of the two algorithms effectively. Experimental results show that, on a large number of natural images set, the method has better color balance effect and the applicable range of the algorithm is increased by 11%.

Key words: white balance; histogram matching; histogram translation; histogram similarity; color cast

1 引言

图像的颜色由物体和光源共同决定, 光源频谱不同, 图像将产生不同偏色. 人类视觉系统具有颜色恒常性, 因此人类在不同的光源下仍然可以得到物体在白色光源下的颜色, 而图像传感器本身并不具有这种特性, 所以在钨丝灯下拍摄的物体会偏红, 而在晴天下拍摄的物体会偏蓝. 即低色温下会产生红色色偏, 高色温下会产生蓝色色偏. 白平衡算法就是还原各种色温下拍摄物体的本来颜色.

已有的白平衡算法主要分为两大类: 一类是基于假设的白平衡算法, 例如灰色世界法^[1-2], 完美反射法^[2-3]. 该类算法原理比较简单且硬件容易实现, 但是当先验条件不满足时, 算法会失效. 比如当含有

大量的单色块时, 灰色世界法会失效; 当图片中不含白色点时, 完美反射法会失效. 还有一类是基于先验知识的白平衡算法, 例如颜色相关性算法^[4], 神经网络算法^[5]. 但是这类算法都需要大量的样本数据, 算法复杂且硬件不易实现. 此外, 近些年来, 采用直方图进行自动白平衡的算法因为其算法低复杂性, 校正准确性和易实现性得到了广泛的发展.

文献[6]提出了通过直方图拉伸提高 RGB 通道的重叠面积, 对色偏图像进行处理, 实验显示该算法能够有效避免校正失败的问题, 但对于色偏略大的图片矫正效果较差. 文献[7]提出了通过计算使 RGB 通道重叠面积达到最大的两个增益系数, 对图像线性处理得到自动白平衡处理后的图像, 实验结果显示该算法的校正效果优于传统白平衡算法. 文

献[8]提出了基于直方图匹配的自动白平衡算法,使得 RGB 通道直方图重叠面积达到最大.该算法减少了大量的乘法运算,且图像校正效果更优.上述两种基于直方图的白平衡算法对于 RGB 通道直方图相似度高的图像有很好的校正作用,但是如果 RGB 通道直方图相似度低,例如图片中存在大面积蓝天导致 B 通道直方图在高一侧存在一个高峰,而 RG 通道直方图主要集中于中低区域,仍旧采用直方图匹配算法使得 B 通道直方图相似于 G 通道直方图,校正失败.

本文在基于直方图匹配的自动白平衡算法的基础上,研究对于 RGB 通道直方图相似度低时,利用直方图进行校正的算法.并提出了基于直方图的自动白平衡互补算法.

2 算法描述

通过研究发现对于颜色丰富的图像,RGB 通道重合面积越大,色偏越小,在此基础上提出了直方图匹配的白平衡算法[8],但当 RGB 通道直方图相似度较低时,若依旧采用直方图匹配使得 RGB 通道形状,中心位置相似,从而使得重叠面积最大,图片的特性会发生改变,图像校正失败.此时应尽量保留直方图特性,采用直方图平移的方法避免处理过度,且进行适当的校正.

2.1 直方图匹配算法

直方图匹配算法是将一个直方图匹配到另一个直方图上,使得两个直方图的位置和形状相似[8].将直方图匹配运用到白平衡算法中,将 R, B 通道直方图匹配到 G 通道.以 R 通道, G 通道为例,首先由式(1)计算出 R 通道, G 通道的通道直方图 $H_R[i]$, $H_G[i]$.

$$H_C[i] = \frac{1}{WH} \sum_{x \in W} \sum_{y \in H} \begin{cases} 1 & I_c(x, y) = i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad i \in (0, 255) \quad (1)$$

式中, $H_C[i]$ 表示通道直方图, C 可以为 R, G, B 通道. W 和 H 为图像的宽和高.

然后由式(2)计算 R 通道, G 通道的通道累计直方图.

$$S_c = \sum_{i=0}^c H_c[i] \quad (2)$$

式中, S_c 表示 C 通道直方图灰度级从 0 至 C 的累加.

由 G 通道累计直方图得到转换函数,将 R 通道的通道累计直方图带入转换函数,得到新的 R 通道累计直方图.如式(3)

$$Z_R = S_G^{-1}(S_R) \quad (3)$$

式中, Z_R 为 R 通道累积直方图对应的新的灰度值.

通过直方图匹配,两个通道的直方图具有相似的形状,且他们的中心位置也非常接近.因此,三个直方图的重叠面积增加,使得色偏得到校正.而经过直方图平移或 RGB 通道直方图后得到的 RGB 通道直方图的重叠面积小于直方图匹配,所以对于色偏大的图片,直方图匹配会明显优于其他基于直方图的算法.基于直方图匹配的白平衡算法流程如图 1 所示.

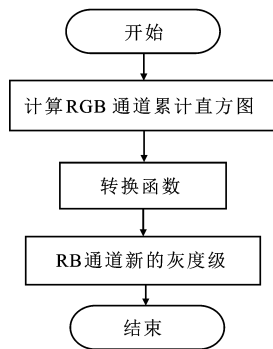


图 1 基于直方图匹配的 AWB 算法流程图

2.2 直方图平移算法

直方图平移算法将 RGB 通道的直方图平移,并不改变直方图的形态,只改变直方图的中心位置.在保持 RGB 各直方图形状的基础上进行白平衡校正,适合对直方图相似度较低的图片进行校正.首先根据式(1)分别统计 RGB 通道直方图,再根据式(4)计算 RGB 通道直方图的重叠面积.

$$OA(H_R, H_G, H_B) = \sum_{i=1}^{256} H_R(i) \cap H_G(i) \cap H_B(i) \quad (4)$$

式中, OA 为 RGB 通道直方图的重叠面积, $H_R(i)$, $H_G(i)$, $H_B(i)$ 分别为 RGB 通道第 $i-1$ 个灰度级的数量值.

RGB 通道直方图的重叠面积可以反映图像的色偏,而最大的覆盖面积可以校正图像的色偏,所以可以通过使 RGB 通道直方图的重叠面积最大得到校正系数.

$$\arg \max_{k_r, k_g, k_b} OA(H_r(k_r), H_g(k_g), H_b(k_b)) \quad (5)$$

式中, $H_r(k_r)$, $H_g(k_g)$, $H_b(k_b)$ 分别为 RGB 各通道分别平移 k_r , k_g , k_b 系数后所得直方图.基于直方图平移的白平衡算法流程如图 2 所示.

如式(5)所示,如果重叠面积 OA 达到最大时的 k_r , k_g , k_b 即为求出的系数.根据所求得的系数得到

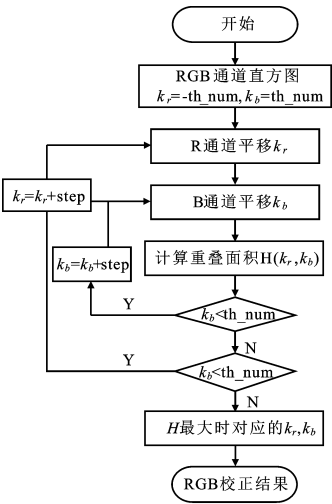


图 2 基于直方图平移的 AWB 算法流程图

新的 RGB 值. 校正后的直方图保持原有直方图的形状但是 RGB 中心位置相近达到校正效果,有效的避免了直方图不相似导致的校正失败的问题.

2.3 模式切换控制

模式切换控制是直方图匹配,直方图平移,旁路的控制核心,负责完成算法的自由切换. 通过判断图像 RGB 通道直方图形态相似程度选择采用哪种算法进行白平衡校正. 相似度较低的直方图如图 3 所示.

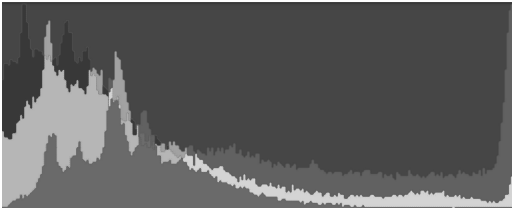


图 3 RGB通道直方图

将 0 到 255 灰度级分成 4 至 5 个区间,计算第 i 个区间 G 通道直方图平移 $(-th_tar, th_tar)$ 后,该区间总和的最大值 $G_i_sum_max$,以及 RB 通道直方图分别在该区间的总和 R_i_sum, B_i_sum . 因为以 G 通道直方图为标准,所以计算每个区间的像素百分比的比值 $ratio_r_g, ratio_b_g$. 模式切换控制流程图如图 4 所示.

如果最大比值大于所设阈值 th_ratio1 ,或者有超过三个块最大比值都大于 th_ratio2 ,则表明三个通道直方图相差过大,做旁路处理;如果最大比值位于 th_ratio1 和 th_ratio2 之间,表明三个通道直方图相似度较低,采用直方图平移来避免校正过度,如果最大比值小于 th_ratio2 ,表明 RGB 通道直方图

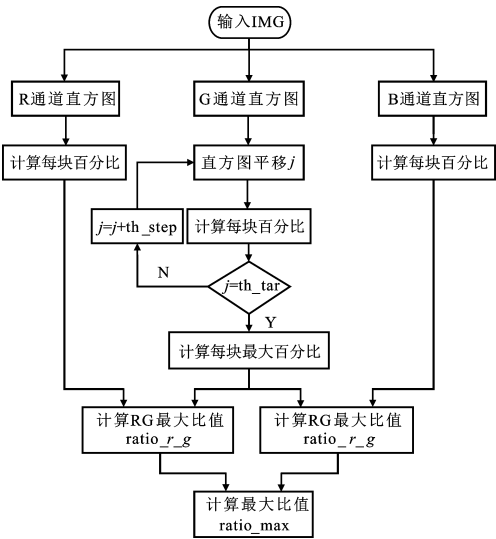


图 4 模式切换流程图

相似度高,应采用直方图匹配算法达到最好的校正效果.

3 算法验证

为了验证本文算法的有效性,采用 SFU 灰球图像集. 并使用 matlab 构建了其他算法的实验环境,以实现图像数据的读取和白平衡等操作.

实验一为各个算法对 RGB 通道直方图相似度高的 IMG1 图片调整的效果,如图 5 所示. 实验二为各个算法对 RGB 通道直方图相似度低的 IMG2 图片调整的效果,如图 6 所示. 实验三为各个算法对 RGB 通道直方图差异大的 IMG3 图片调整的效果,如图 7 所示.



图 5 实验一调整效果

首先从主观感受判断,各个算法都对图像进行了白平衡调整. 可以看出本文提出的基于直方图的自动白平衡算法对各类图片都进行了很好的校正.

其次根据数据进行客观判断,客观评价白平衡的方法可以用式(5)计算出色差均值进行评价.

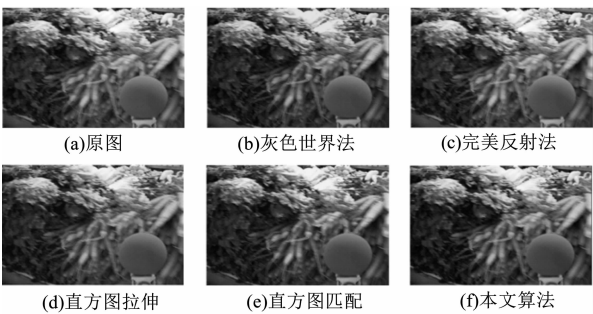


图 6 实验二调整效果

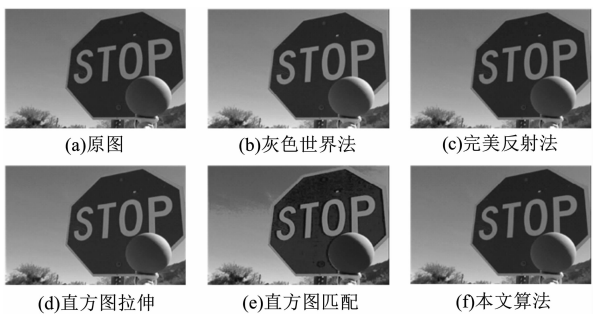


图 7 实验三调整效果

$$C_{awb} = \sqrt{C_{ar}^2 + C_{ab}^2}$$
 (6)

式中, C_{ar} 为图中灰色块像素 C_r 的平均值, C_{br} 为图中灰色块像素 C_b 的平均值。

结果如表 1 所示. 当色差均值越低, 说明白平衡的效果越好. 从表中可以看出本文中的算法比其他的算法具有更好的白平衡效果.

表 1 各算法色差均值结果

IMG	原图	灰色 世界法	完美 反射法	直方图 拉伸 ^[6]	直方图 匹配 ^[8]	本文 算法
IMG1	18.69	5.90	14.62	11.01	5.76	5.56
IMG2	23.26	34.11	23.26	11.38	32.06	6.69
IMG3	3.78	6.10	3.78	5.21	21.70	3.78

此外, 对数据集中的一千张图片分别用直方图匹配算法与本文算法处理, 并计算出灰球的平均色调值, 本文算法校正准确率与 AWB-HM 算法相比提高了 11%. 所以本文提出的算法不仅对图像色偏有较好的校正效果, 且具有更加广泛的适用性.

4 结束语

本文提出了一种基于直方图的自动白平衡算法. 对原有直方图匹配的方法进行改进, 利用直方图相似度判断是否使用于直方图匹配, 对不适用图片采用直方图平移或旁路的算法进行校正. 本文算法

能够处理大部分场景, 且取得了很好的校正效果. 实验结果表明本文提出的自动白平衡算法能够满足主观和客观的要求. 下一步工作可在现有算法基础上继续完善: 更好的更简便的计算直方图的相似度, 更简便的求得直方图的平移系数, 从而达到更好的白平衡效果.

参考文献:

[1] 严世珩. 数字图像白平衡处理算法研究与改进[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.

[2] Lam E Y. Combining gray world and retinex theory for automatic white balance in digital photography[C] // International Symposium on Consumer Electronics, USA; Long Beach, IEEE, 2005: 134-139.

[3] Fierro M, Ha H G, Ha Y H. An automatic color correction method inspired by the retinex and opponent colors theories[C] // International Symposium on Optomechatronic Technologies. Toronto, Ontario, Canada, IEEE, 2009: 316-321.

[4] Finlayson G D, Hordley S D, Hubel P M. Color by correlation: a simple, unifying framework for color constancy[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence, 2001, 23(11): 1209-1221.

[5] Chen C L, Lin S H. Intelligent color temperature estimation using fuzzy neural network with application to automatic white balance[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(6): 7718-7728.

[6] Jin W, He G, He W, et al. A 12 bit 4928 × 3264 pixel CMOS image signal processor for digital still cameras[J]. Integration the VLSI Journal, 2017, 59(9): 206-217.

[7] Jiang T, Nguyen D, Kuhnert K. Auto white balance using the coincidence of chromaticity histograms[C] // Eighth International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems. Poland, IEEE Computer Society, 2012: 201-208.

[8] Huang C, Zhang Q, Wang H, et al. A low power and low complexity automatic white balance algorithm for amoled driving using histogram matching[J]. Journal of Display Technology, 2017, 11(1): 53-59.

作者简介:

魏超女, (1993-), 硕士研究生. 研究方向为图像处理、数字集成电路设计. E-mail: sdwei_chao@163.com.

贺光辉男, (1980-), 博士, 副研究员. 研究方向为无线通信和多媒体优化的信号处理算法优化和 VLSI 架构设计.