

没什么用但是好像看着还可以的图像调整方法

CIOMP TX
authot liuchangji

摘 要

关键词

FAST ADAPTIVE IMAGE COLOR LEVEL ADJUSTMENT ALGORITHM

Abstract

Keywords

1

0 引 言

对于图像的增强方法有许多种，但是针对不同环境需要调整其参数才能达到最好的效果。色阶调整是图像增强中的一种方法，其思想划定一个区间，去掉区间外的过高、过低的像素，其余像素进行归一化拉伸，以达到增强的目的。但是对于不同的图像其主要信息所在的区间是不同的。在一副图像当中像素总会聚集在某一小段区间，这一区间占比很少但存在大量像素本文采用了统计学中 $3\text{-}\sigma$ 准则判断图像的大部分像素都处于哪个区间，自适应的进行拉伸。对于一些光照度特别低或特别亮，并且方差又很大的图像，这些图像通常表现为大部分为黑/白，少部分为白/黑的明暗分明的情况，对于这种情况本文提出了一种自适应窗口偏移的方法来突出主要的像素。

对于一些比较经典的图像增强手段，比如直方图均衡化，其效果非常好，运算速度也很快，但是其运算机制导致了对三个通道采用了同样的均衡化方法，这导致了对于某些某个通道占了比大的图像，经过直方图均衡后会出现色彩失真的现象。



图 1 原图（左）经过直方图均衡化后颜色失真

对于这种现象本文采用了一种通道均衡的方法，计算三个通道(RGB)的权重，严格按照权重对图像进行增强，以保持图像原有的色彩组成。

最后经过高斯滤波提取光照分量进行光照均衡。至此便能恢复大部分的图像。该算法会严格保持图像本身的色彩组成、直方图分布，不会破坏图像原本的色彩。经过测试该算法对于水下图像恢复、夜间图像、过曝图像、去雾都有很好的效果，适用于很多场景且不需要调参，对于光照不均匀的图像也有一定的平衡能力。并且该算法运算速度极快，不需要光照平衡的情况下不存在卷积操作，使用光照平衡只需要一次高斯滤波，可以部署在硬件设备上实时运行。

本文的主要贡献如下：

- 1) 提出了一种自适应窗口偏移的方法针对极暗或极亮图像提高增强效果
- 2) 基于 $3-\sigma$ 理论对图像进行区间提取，突出主要信息
- 3) 提出了一种通道平衡的方法，避免色彩失真
- 4) 使用光照不均匀矫正算法对图像做进一步恢复(内容太多可以删掉此部分)

2 基本原理

2.1 基于 $3-\sigma$ 准则的色阶区间提取

在图像的像素分布当中 σ 代表标准差， μ 代表均值。 $x=\mu$ 即为图像的对称轴。

根据 3σ 原则：

数值分布在 $(\mu-\sigma, \mu+\sigma)$ 中的概率为 0.6826

数值分布在 $(\mu-2\sigma, \mu+2\sigma)$ 中的概率为 0.9544

数值分布在 $(\mu-3\sigma, \mu+3\sigma)$ 中的概率为 0.9974

可以认为，像素的取值几乎全部集中在 $(\mu-3\sigma, \mu+3\sigma)$ 区间内，超出这个范围的可能性仅占不到 0.3%。

在一副图像当中，总会有极少数的像素甚至数量为零的像素占据了大部分的灰度值区间，而大部分的像素集中在某个区间。如下图所示，其三个通道分布大致相同，为了方便观察，此处使用单通道来表示其直方图。

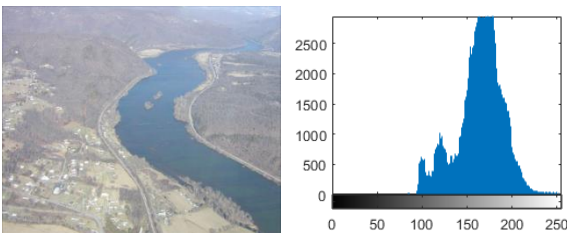


图2 图片和其直方图分布

求得该图像 $\mu \approx 164$ ， $\sigma \approx 26$ 。根据 $3-\sigma$ 准则，

$(\mu-3\sigma, \mu+3\sigma)$ 灰度区间 (86, 242) 包含了 99% 以上的像素，所以我们将 86 作为下界，242 作为上界进行区间提取，得到结果如图。

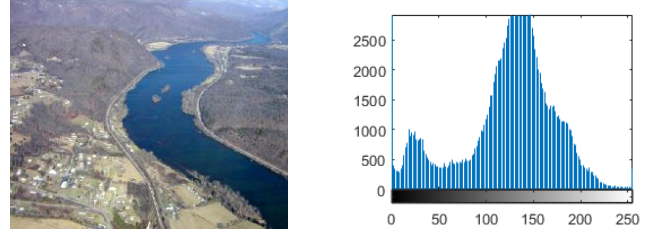


图3 区间提取后图片和其直方图分布

为了自适应提取区间的大小，提出区间提取函数：

$$L = \max(\mu - e \cdot \sigma, 0)$$

$$R = \min(\mu + e \cdot \sigma, 255) \quad \text{式 1-1}$$

其中 L 是区间的左界， R 为区间的右界， e 为提取系数，一般在 $(0, 3]$ 之间。 e 的大小决定了区间的提取范围，也代表了色阶的调整程度。

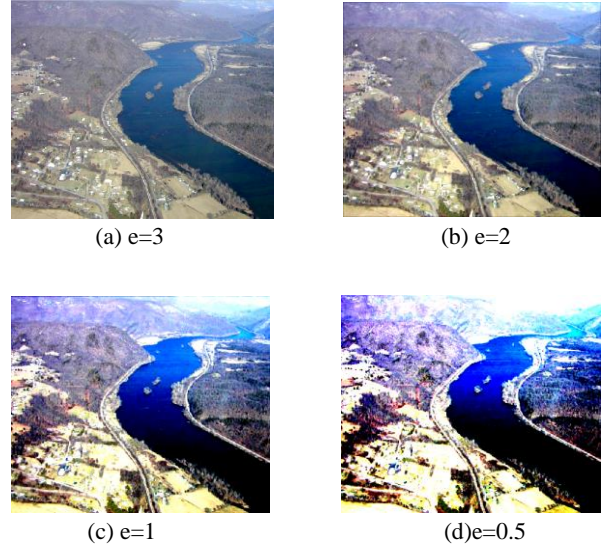


图3 不同 e 的取值对矫正效果的影响

过小的 e 会使得效果更强烈，但是会损失掉过多的像素，过小的 e 会保留更多的细节，但是效果会变弱。所以一般 e 的取值会在 2-3 之间。对于一些直方图呈正态分布的不清晰图像这种方法效果非常好而且速度很快。即使直方图不呈正态分布也有一定的增强效果。

2.2 自适应窗口偏移

对于一些直方图呈“L”或“J”型的图像，这种图像一般表现为极暗或极亮。通过基于 $3-\sigma$ 准则的色阶区间提取方法来增强效果往往不能达到最优。

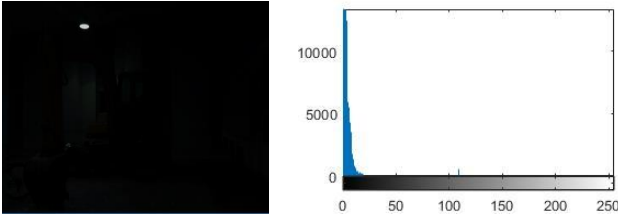


图4 极暗图像和其“L”型直方图

求得该图5, $\mu \approx 3$, $\sigma \approx 13$, 根据式1-1, 计算, 当 $e=3$ 时, $L=0$, $R=42$, 对其拉伸后效果。

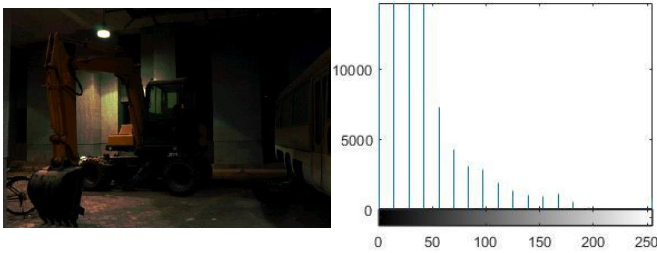


图6 矫正后效果

可以看到即使矫正后, 仍然有很多黑暗区域, 其直方图仍呈“L”型, 大量像素仍然集中于一个小区间。对此, 提出了一种窗口偏移方法, 该方法可以判别出图像是否为极亮或极暗, 若是, 则将色阶提取区间向右或左偏移一部分, 以此来突出主要的像素。具体方法如下:

$$\begin{aligned} \text{off}_L &= \text{se} \cdot \sigma - \mu \\ \text{off}_R &= \mu + \text{se} \cdot \sigma - 256 \end{aligned}$$

式中 $\text{off}_R, \text{off}_L$ 分别为右侧超出量和左侧超出量, se 为偏移敏感系数。 se 取值越大, 对图像的整体偏移就越敏感。显然, se 取1时代表一倍方差超出量为多少。得到偏移量后, 对区间进行偏移:

$$\mu = \begin{cases} \mu - \text{si} \cdot \text{off}_L & \text{if } \text{off}_L > 0 \\ \mu + \text{si} \cdot \text{off}_R & \text{if } \text{off}_R > 0 \end{cases}$$

si 为偏移系数, 在得到偏移量后, si 决定了图像的提取区间要偏移多少。所以当使用自适应窗口便宜后, 其提取区间会向大量像素区间偏移。



图7 不同se与si取值对效果的影响。

2.3 自适应通道均衡

如图1所示, 直方图均衡会破坏掉图像原本的色彩比例, 为了解决这个问题, 本文提出了一种自适应通

道均衡方法。

首先使用图像的一维熵来作为一个参数:

$$H_c = \sum_{i=0}^{255} p_i \log p_i$$

其中 c 是通道, $c \in (r, g, b)$, i 为像素灰度值。熵的大小直接反映了该通道所含信息量, 本文将将其作为重要的评价指标。此处我们定义一均衡偏差系数 d :

$$d_c = 1 - \frac{H_c}{\max_{c \in (r, g, b)} (H_c)}$$

每一个通道的均衡偏差系数 d 等于1减去该通道的熵除以三个通道中的最大熵, 很明显, 最大熵通道的偏差系数 $d=0$ 。本文认定熵最大的通道为主要通道, 可以发现 d 是一个相对值, 他表达了以主要通道为基准, 其余两个通道和主要通道的差距系数。我们在此系数上做修正, 使得主要通道在矫正后仍然表现为主通道。修正方法如下:

$$b_c = cs \cdot d_c \cdot \sigma_c$$

b_c 为均衡量, 得到 b_c 后将提取区间修正为

$$L = \max(\mu - (e \cdot \sigma + b_c), 0)$$

$$R = \min(\mu + (e \cdot \sigma + b_c), 255)$$

其中 cs 为通道不平衡敏感系数, 该系数大小代表了对于不重要的通道的削弱, 当 $cs=0$ 时, 代表无通道均衡。 b_c 值会使得矫正区间变大, 越大的矫正区间对图像的改变是越小的, 所以该方法将相对熵很小的通道削弱, 以保持各通道的色彩占比。

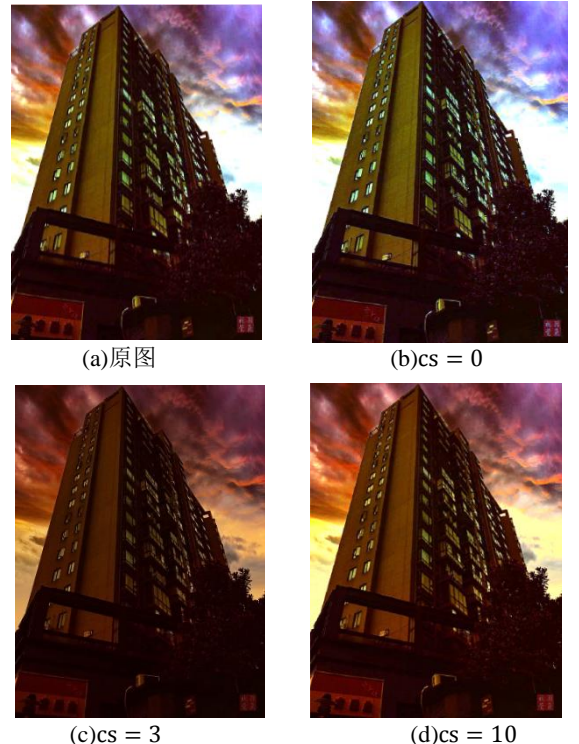


图8 不同cs取值对效果的影响

2.4 光照均衡化

根据成像原理,可见光范围内所成的像是由于场景内物体表面发出的光到达成像单元后产生的。通常一幅数字图像可以看作是一个二维函数 $f(x,y)$, 函数的值即为坐标 (x,y) 点处 的图像的亮度值. $f(x,y)$ 由入射到场景 内的光照分量 $i(x,y)$ 和物体表面的反射分量 $r(x,y)$ 两部分的乘积构成,其基本理论模型的表达式如下:

$$f(x,y) = i(x,y) \cdot r(x,y)$$

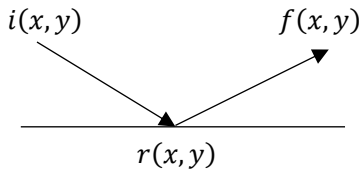


图9 光照-反射呈像模型

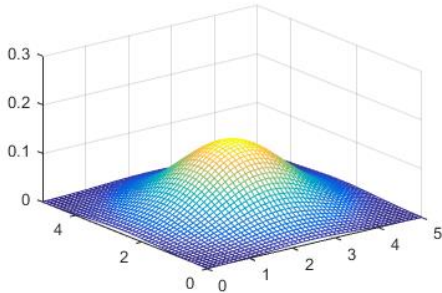
根据基于二维伽马函数的光照不均匀图像自适应校正算法，高斯函数可以有效地提取出图像中的光照分量。高斯函数形式为：

$$G(x,y) = \lambda \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{c^2}\right)$$

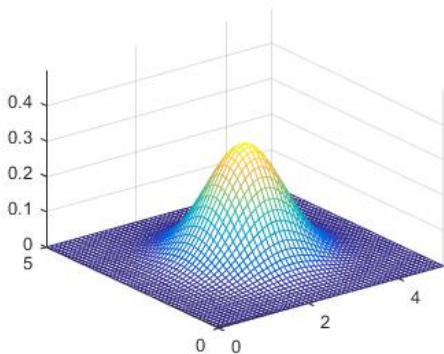
式中 c 为尺度因子， λ 为归一化常数，确保高斯函数 $G(x,y)$ 满足 $\iint G(x,y)=1$ ，利用高斯函数与图像做卷积就可以获得光照分量的估计值，其公式如下：

$$I(x,y) = F(x,y) * G(x,y)$$

右retinex 色彩理论可知，高斯函数的尺度因子 c 决定了卷积核的作用范围， c 越大其卷积核范围越大，对全局反应更敏感， c 越小对局部反应更敏感。



(a) $c=1$



(b) $c=1.5$

图 xx 不同 c 取值对卷积核形状的影响



图10 彩色图像中提取出的光照分量

在提取到光照分量之后就可以对图像进行光照校正，此处我们根据基于二维伽马函数的光照不均匀图像自适应校正算法，使用二维伽马函数进行校正，此时我们转换到 HSV 模型下进行光照校正：

$$O(x,y) = 255 \cdot \left(\frac{F(x,y)}{255}\right)^\gamma, \quad \gamma = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{m-I(x,y)}{m}}$$

其中 $O(x,y)$ 是校正后的图像亮度值， $F(x,y)$ 为原图按照 HSV 色彩模型计算的光照通道。 γ 为用于亮度均衡的指数， m 为提取出的光照均值，以此为界限对光照进行均衡。



图11 光照均衡化处理效果

3 算法流程

首先拿到待处理的图像，计算 RGB 三个通道分别处理，计算各个通道的均值、标准差和熵，得到这三个参数就可以计算出 off_L , off_R , d_c , b_c 等参数，之后根据这些参数自适应窗口矫正，在矫正后进行光照均衡化就完成了所有步骤。

其中我们需要人为设定 se , si , cs 这三个参数，在光照均衡化的时候人为设定系数 c 。算法流程如下：

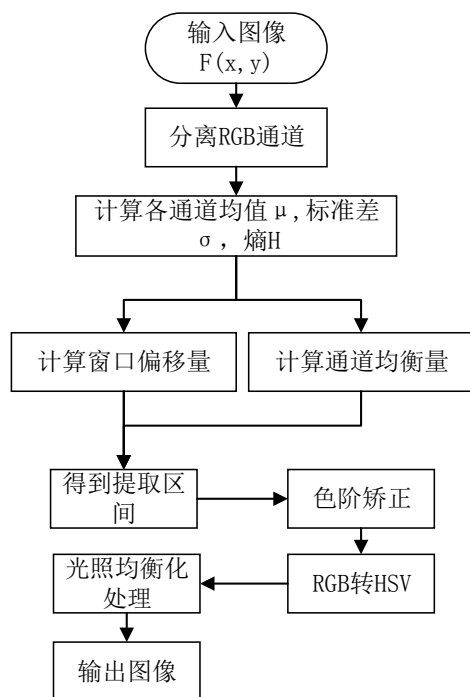


图 11 算法流程

4 实验结果与分析

在原理中提到,不同的参数会影响校正的性能使用固定参数进行测试,提取系数 e 会改变提取区间的大小,是所有参数里最主要的参数。偏移敏感系数 se ,会影响算法对偏移的敏感度,越大的 se 越会将直方图整体偏移越敏感。 si 为偏移窗口系数,代表了决定了偏移量。 cs 为通道不平衡系数,该系数大小代表了对不重要的通道的削弱,当 $cs=0$ 时,代表无通道均衡。 c 为光照敏感度。经过大量实验,为了适应大部分图像,最后的参数如下:

参数	e	se	si	cs	c
数值	2	1	2	5	2

4.1 校正结果

根据实验可以发现,本文提出的方法对大部分图像都有很好的效果,且适应性强,无需更改参数就可以自适应大部分图像。尤其对于夜间图像、水下图像这种整体有色彩偏差的图像效果明显。并且对去雾、光照均衡化也有很好的效果。

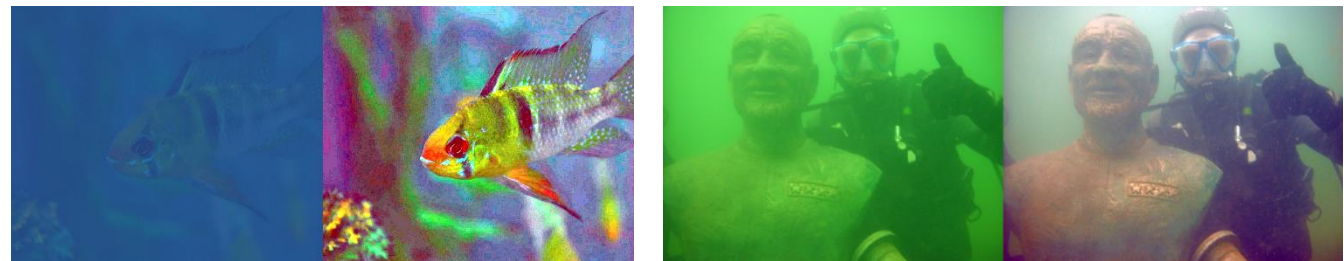


图 12 水下图像校正



图 13 低光照图像校正



图 14 雾天图像校正



图 15 光照不均校正

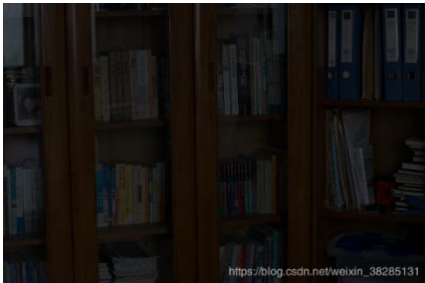
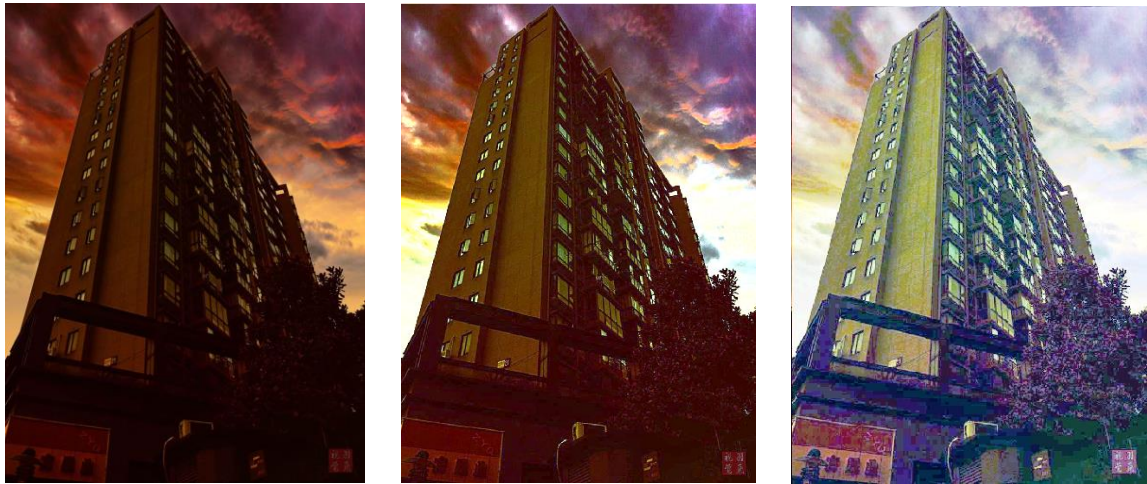
4.2 计算性能

操作系统	Windows 7 64 位		
处理器	英特尔 i5-3337U @ 1.80GHz 双核		
内存	8 GB (海力士 DDR3L 1600MHz)		
硬盘	240 GB / 固态硬盘		
软件	Matlab2015b		

在光照均衡化的过程中，高斯卷积步骤计算量很大，占用了大量时间。故对一般不需要光照均衡的图像，可以不做光照均衡处理。可以得到明显的速度提升。

3.3 效果比较

根据效果对比，本文算法可以保持图像原本的色彩组成，不会出现色彩失衡的现象



(a)原图



(b) 本文算法



(c)直方图均衡

图 xx 算法效果对比

参考文献

刘志成, 王殿伟, 刘颖,等. 基于二维伽马函数的光照不均匀图像自适应校正算法[J]. 北京理工大学学报, 2016, v.36;No.252(02):85-90+108.

Rahman Z U , Jobson D J , Woodell G A . Retinex processing for automatic image enhancement[J]. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2004, 13:100-110.

Land E H . The Retinex[M]// Ciba Foundation Symposium - Colour Vision: Physiology and Experimental Psychology. John Wiley & Sons, Ltd. 2008.