

一种快速的自适应图像增强算法^①

王小明^{1,2} 黄昶¹ 周晨辰¹ 刘锦高^{1,3}

(1.华东师范大学 信息学院 上海 200241; 2. 浙江师范大学 教师教育学院 浙江 金华 321004;
3.上海建桥学院 上海 201319)

摘要: 提出了一种快速的自适应图像增强算法。算法首先对原始图像进行高斯平滑滤波,然后根据原始图像的整体信息和局部信息对图像的像素值进行偏移。最后,利用偏移后的图像信息和非线性函数对图像进行变换,从而实现了对图像细节的增强。通过将RGB图像变换到HSV彩色空间,将增强算法推广到了彩色图像的处理。实验结果表明,该算法运行速度快,能有效改善图像质量。同时能够根据环境的亮暗,自动调整增强效果,具有自适应的功能。

关键词: 图像增强;自适应;高斯平滑滤波;非线性函数;彩色空间转换

A Fast Adaptive Algorithm for Image Enhancement

WANG Xiao-Ming^{1,2}, HUANG Chang¹, ZHOU Chen-Chen¹, LIU Jin-Gao^{1,3} (1. Department of Information, East China Normal University, Shanghai 200241, China; 2. Department of Teacher Education, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China; 3. Shanghai Jianqiao College, Shanghai 201319, China)

Abstract: A fast and adaptive algorithm for image enhancement is proposed. The algorithm first filters the image with Gaussian smoothing filter, and then offsets the image pixel values on the basis of global and local information. Finally, the offset pixel values and non-linear function is used to transform the image, thus enhancing the details of the image. By transforming the RGB image to HSV space, the method is extended to the color image enhancement. Experimental results demonstrate that the proposed method can efficiently improve image quality, and can also self-adaptively adjust the enhancement according to the environment.

Keywords: image enhancement; self-adaptive; Gaussian smoothing filter; non-linear function; color space converter

1 引言

图像在采集过程中由于受到传感器灵敏度、噪声干扰以及模数转化时量化问题等因素的影响,导致图像无法达到人眼的视觉效果或者不能满足图像的后期处理,如特征识别等。为了实现人眼观察或者机器对图像的特征提取,需要利用图像增强技术对图像进行预处理,从而改善图像质量,以便从图像中获取更加

有用的信息。图像增强算法的通用理论是不存在的^[1],当图像为视觉解释而进行处理时,由观察者最后判断特定方法的效果。当图像应用于特征识别时,最好的图像增强算法是一种能得到最好的机器可识别结果的方法。对于图像增强,已经有一系列的算法提出,其中包括直方图均衡^[2],Retinex理论^[3],基于小波变换的图像增强^[4],基于梯度场均衡化的图像增强^[5]等,另

① 基金项目:上海市2007年科技攻关重点项目(075115002)

收稿时间:2009-12-02;收到修改稿时间:2010-01-12

外还有一些用于人脸、指纹等特定应用的图像增强算法^[6,7]。直方图均衡由于其简单有效、运行速度快得到了广泛的应用,但直方图均衡处理后的图像会损失灰度层次,且增强力度不够,尤其对于偏光的情况处理能力弱。而其他算法虽然增强效果良好,但大多由于涉及小波变换,多个高斯函数的卷积等运算,需要较大计算量,不适合实时处理。本文提出一种快速实时的自适应图像增强算法,该算法根据图像的平均灰度值对图像的整体亮暗进行评估,同时利用高斯平滑滤波获取图像的局部信息,利用整体信息和局部信息对图像的像素值进行偏移,从而获取图像中的较暗区域,也就是需要增强的区域。最后利用非线性函数对图像进行变换,从而达到增强图像细节的目的。

2 自适应图像增强算法

2.1 高斯平滑滤波

高斯滤波可用于计算图像的局部均值,去除图像噪声和细节,对图像起到平滑的作用。高斯平滑滤波本质上是一个二维卷积操作,它可以利用不同的高斯核函数对图像进行不同程度的平滑。二维高斯核函数可以表示为:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

则图像高斯平滑滤波可以表示为:

$$u(x, y) = cY(x, y) * G(x, y) \quad (2)$$

其中表示原始图像像素点处的灰度值,表示卷积操作,表示平滑滤波后图像像素点的灰度值。用于将归一化到[0, 255]。图1为原始图像和经过高斯平滑滤波后图像。



(a) 原图 (b) 滤波后图像

图1 高斯平滑滤波

2.2 图像像素值的偏移

图像中的较暗区域往往是需要增强的区域,对高

斯滤波后的图像像素值进行偏移,可以获得图像的较暗区域。偏移公式如下:

$$m(x, y) = \min\{u(x, y) + k(x, y), 255\} \quad (3)$$

其中表示偏移之后的图像,表示偏移量。偏移之后原图像的较亮区域被“冲白”,只剩下较暗区域的信息。要准确获取较暗区域,偏移量的选择是关键。偏移量太大,则无法获得暗区域;偏移量太小,则暗区域获取过多,最后导致对原图像增强过度,反而会丢失图像的信息。好的偏移量既要考虑图像的整体亮暗程度,又要考虑图像的局部亮暗信息。本文对偏移量的选择如下:

$$k(x, y) = \min(100, Y) \cdot [\alpha + \beta \cdot f(u(x, y))] \quad (4)$$

其中表示图像整体的平均灰度值,为参数,函数的形式如下:

$$f(u(x, y)) = \frac{1}{3} [\arctan(\frac{u(x, y)}{255} \times 30 - 15) + 1.5] \quad (5)$$

其函数曲线见图2,从曲线可以看出,较暗区域对应比较小的偏移量,而较亮区域对应比较大的偏移量。参数的值反映了图像的整体亮暗程度和图像的局部亮暗信息在偏移量中的权重。本文取,值得注意的是,由于偏移量中考虑了这个因子,使得增强算法能根据环境的亮暗进行自适应的调整。经偏移之后得到的图像见图3所示。

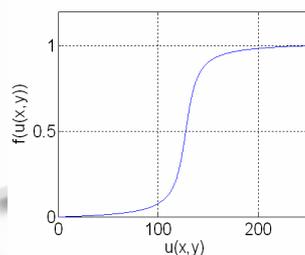


图2 函数 $f(u(x, y))$ 的曲线



图3 像素值偏移后图像



图4 本文算法增强效果



图5 直方图均衡增强效果

2.3 图像的非线性增强

选取非线性函数对图像进行增强,该函数能增强较暗区域的图像,同时又能很好地保持较亮区域的图

像信息。函数形式为

$$I(x,y) = \left\{ \frac{2}{1 + \exp[-5 \cdot Y(x,y)/m(x,y)]} - 1 \right\} \cdot 255 \quad (6)$$

其中表示增强之后的图像，表示原始图像，表示偏移之后的图像。原始图像经过以上算法增强之后的效果见图4。图5是相对应的原始图像经过直方图均衡算法的增强效果，两者对比可以看出本文算法的优势。

2.4 增强算法推广到彩色图像

对于彩色图像，首先利用色度空间的转换关系，将图像从RGB空间转换到HSV空间，实现亮度和颜色的分离，其中V分量为亮度信息，于是彩色图像可灰度化为：

$$V(x,y) = \max(R(x,y), G(x,y), B(x,y)) \quad (7)$$

然后对应用增强算法得到，最后应用式(8)可以得到增强后的RGB图像：

$$R' = \frac{V_{En}}{V} R, \quad G' = \frac{V_{En}}{V} G, \quad B' = \frac{V_{En}}{V} B \quad (8)$$

3 实验结果和比较

为了验证本文提出的算法性能，尤其是对不同类型图像的适应性，进行了一系列的实验。实验环境为Pentium 4, 主频 2.0GHZ、内存为 2G 的个人计算机，Delphi 7 编程。实验所采用图像为自行搜集和一些人脸数据库^[8,9]。

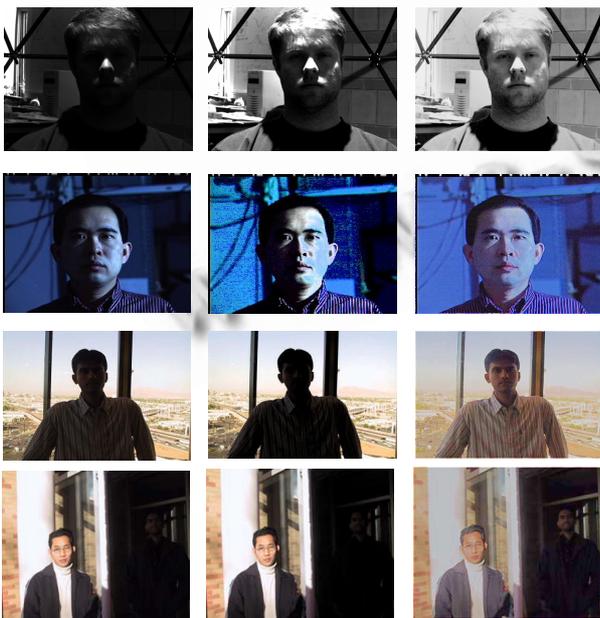


图6 (a)原图 (b)直方图均衡增强效果 (c)本文算法增强效果

现选择几幅典型图像进行说明和比较。图6从上到下分别表示在①较暗环境、②偏光、③背景亮前景暗、④场景左右为明显亮暗区域，从左到右分别表示原图、直方图均衡后图像和应用本文算法后图像。从图中可以看出，上述几种情形下本文图像增强算法都比直方图均衡算法更能增强较暗区域的信息，取得更好的视觉效果。对于(2)(3)(4)情况，直方图均衡的增强效果很差，尤其对于(3)(4)，不但没有增强较暗的信息，还使得暗处更暗，丢失了更多的细节。而利用本文的增强算法，暗处的细节信息得到了很好的突显，图像整体的光照也很自然。对于(1)，直方图均衡能起到增强的作用，但是效果不如本文的增强算法。本文算法对于以上几种图片的增强都是自动完成的，不存在手动调节参数的操作。这主要是因为算法中考虑图像的平均亮暗程度，使得算法对于不同环境的照片具有很好的自适应性。

在算法速度方面，表1给出本文算法与彩色直方图均衡算法的比较。从表1可以看出，虽然本文算法的处理速度要比彩色直方图均衡算法稍微慢一些，但是完全适合一般的实时处理的需要。

表1 本文算法和彩色直方图均衡算法速度比较

图像大小	彩色直方图均衡(秒)	本文算法(秒)
图像(1024×906)	0.35	0.53
图像(688×507)	0.13	0.19
图像(320×240)	0.03	0.04

4 结论

本文提出了一种新的快速的自适应图像增强算法。算法综合考虑图像的整体亮暗和局部信息，对高斯平滑滤波后的图像进行像素值偏移，然后利用非线性增强函数对图像进行变换，从而达到增强图像的目的。实验表明，这是一种有效的自适应图像增强算法，同时也满足实时处理的要求。

参考文献

- 1 Gonzalez RC, Woods RE. 数字图像处理.第2版.北京:电子工业出版社, 2003.59-116.
- 2 Babu P, Balasubramanian.K. A Study on various Histogram Equalization Techniques to Preserve the Brightness for Gray Scale and Color Images.

- Proceedings of SPIT-IEEE Colloquium and International Conference, Mumbai, India. Vol.1, 8 – 13.
- 3 Land E H, McCann J J. Lightness and Retinex Theory. Journal of the Optical Society of America, 1971, 61(1): 1 – 11.
 - 4 李云,刘学诚.基于小波变换的图像增强算法研究. 计算机应用与软件, 2008,8(8):100 – 103.
 - 5 朱立新,王平安,夏德深.基于梯度场均衡化的图像对比度增强.计算机辅助设计与图形学学报, 2007, 19(12):1546 – 1552.
 - 6 周俊,罗挺,路翔,王冰.一种基于拉伸变换函数的指纹图像增强算法.计算机系统应用,2009,3(3):141 – 143.
 - 7 Tao L, Seow MJ, Asari VK. Nonlinear Images Enhancement to Improve Face Detection in Complex Lighting Environment. International Journal of Computational Intelligence Research. 2006,2:327 – 336.
 - 8 Yale Face Database.[2009-10-28].<http://cvc.yale.edu/projects/yalefaces/yalefaces.html>.
 - 9 Sim T, Baker S, Bsat M. The CMU Pose, Illumination, and Expression(PIE) Database. Proceedings of the IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, May, 2002.