

彩色图像色彩保持增强算法性能分析

任洁, 刘岚

(武汉理工大学信息工程学院, 武汉 430070)

摘要: 彩色图像增强可以改善图像视觉效果, 增强感兴趣的信息, 但处理后色彩保持是关键。本文分析了三种色彩保持的彩色图像增强推广型算法, 分别给出了用不同算法对低亮度环境下获取的图像的增强效果。最后, 通过三种方法处理的实验结果, 从视觉效果、对比度变化、亮度改变和色度保持四个方面对三种算法的性能进行了分析与比较, 指明其各自的最佳适用场景。

关键词: 图像处理; 彩色图像; 增强; 失真; 色彩保持
中图分类号: TP37

Performance analysis of hue preserving algorithm for color image enhancement

Ren Jie, Liu Lan

(School of Information Engineering, Wuhan university of technology, WuHan 430070)

Abstract: Color image enhancement is used to improve the quality of an image for visual perception of human being and enhance the interest information. However, preserving the hue is important. This paper analyses three generalized methods of hue preserving algorithm for color image enhancement. Enhancement effect of the image obtained from low light condition enhanced by different methods has been given respectively. At last, the performance of the three methods is analysed and compared from four aspects, which are visual effects, contrast change, brightness change and hue preserving by dealing with the experimental results. The suitable application situations of the three algorithms are pointed out.

Keywords: Image processing; Color image; Enhancement; Distortion; Hue preserving

0 引言

彩色图像增强的目的在于针对不同的应用领域突出图像的细节, 增强有用信息, 改善图像视觉效果, 使得图像色彩更加醒目和生动, 易于识别和处理。色度, 饱和度与亮度是彩色图像的三个分量^[1], 对于图像增强的目的来说, 增强后的图像色度不希望有所改变, 因图像色度的改变会导致图像彩色的变化引起图像色彩失真。人眼可以辨别几千种颜色色调和亮度, 但相比之下只能辨别几十种灰度层次^[2], 因此对色彩的失真十分敏感。如何在获取视觉效果提高的基础上避免色彩失真是彩色图像增强算法研究过程中一直被关注的问题。文中对三种颜色保持的彩色图像增强算法性能进行了分析。文献[3]中 S.K.Naik 等提出了一种色度保持的彩色图像增强算法, 对图像的 R、G、B 进行线性尺度变换, 同时该算法给出了一种避免增强过程中可能导致的分量像素值溢出的问题有效办法^[3]。S.M.Murtaza 等在文献[4]针对减小算法复杂度, 提高算法效率上提出了另外一种快速的颜色保持的彩色图像对比度增强算法。文献[5]中, 提出的彩色图像的亮度-色度进行非线性重组的算法, 将原始 RGB 三分量灰度变换后的图像转换到非线性亮度/色度彩色空间, 重组两者的色度分量和亮度分量, 从而保持了原始图像的色彩^[5]。以上三种算法在彩色图像增强后的色彩保持方面有一定的成绩, 并将已有灰度图像增强算法推广到了彩色图像增强中。本文中, 对以上三种算法的性能进行了分析与比较。

作者简介: 任洁, (1987-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 图像处理与模式识别。

通信联系人: 刘岚, (1956-), 男, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 模式识别、电路与系统、嵌入式系统。

E-mail: whekon@163.com

1 色彩保持的彩色图像增强算法

在这一部分内容中将对第一部分提到的三种彩色图像色彩保持增强算法的实现过程做详细介绍。为便于文章描述，将前文中提到的三种算法按顺序分别简称为算法 I，算法 II，算法 III。

1.1 算法 I

S.K.Naik 和 C.A.Murthy 提出了一种色度保持的彩色图像对比度增强算法，将已有的灰度图像对比度增强算法推广到彩色图像中。缩放变换(scaling)^[6]，一种色度保持技术被使用到该算法中。为保持增强后图像的色彩特性，该算法在处理过程对每个矢量分量做相同尺度的缩放变换。

$$x'_k = \alpha(l_{\bar{x}})x_k, k = 1, 2, 3. \quad (1)$$

$$l_{\bar{x}} = x_1 + x_2 + x_3 \quad (2)$$

$$\alpha(l_{\bar{x}}) = \frac{f(l_{\bar{x}})}{l_{\bar{x}}} \quad (3)$$

其中， x_k ($k=1,2,3$) 分别为彩色图像的矢量分量， x'_k ($k=1,2,3$) 为增强后图像的矢量分量。 $f(l_{\bar{x}})$ 为灰度图像增强变换。这样，得到了彩色图像分量的缩放比例 $\alpha(l_{\bar{x}})$ 。然而，当 $\alpha(l_{\bar{x}}) > 1$ 时，变换后可能会出现 x'_k 的某些像素值越界溢出的问题，为解决这个问题，该算法提出了一个解决办法，即在 $\alpha(l_{\bar{x}}) > 1$ 时，将彩色向量转到 CMY 空间再进行处理。算法流程图如图 1 所示。

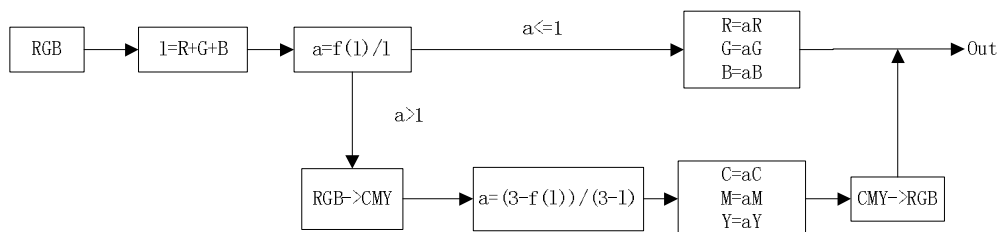


图 1 算法 I 流程图

Fig. 1 Flow chart of algorithm I

1.2 算法 II

该算法由 S.M.Murtaza 等人提出，为一种快速的彩色图像增强算法，将灰度图像增强算法中的线性和非线性变换方法推广到彩色图像增强领域中，在色度保持方面同样采用了缩放变换(scaling)技术，同时对处理后可能出现的像素越界溢出的值域问题提出了一种新的解决办法。对图像的每个三维矢量进行分析判断，缩放比例由矢量最大值与最小值之差决定形成方式，再对原始图像进行尺度变换。算法具体流程如下 2 所示。

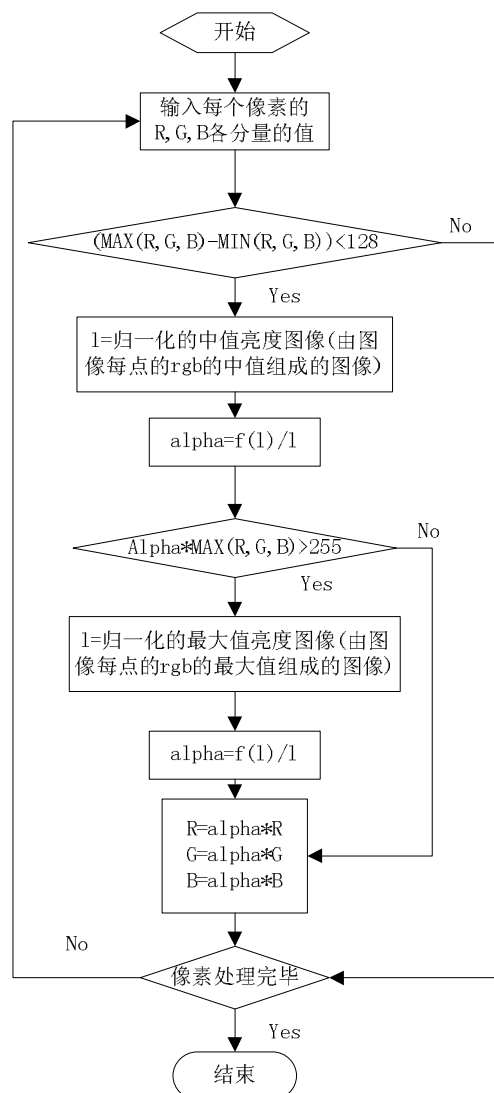


图2 算法II流程图

Fig. 2 Flow chart of algorithm II

1.3 算法III

文献[5]中提到了一种非线性重组的彩色图像增强方法，该算法处理在分离色度亮度的彩色空间中，将原始 RGB 图像和灰度变换后的 RGB 图像转换到非线性亮度/色度彩色空间，对两者的色度分量和亮度分量进行重组，避免了严重的彩色失真，同时也将灰度变换成功地推广到 RGB 彩色图像增强中。以 HSI 彩色空间为例，算法的完整流程图如图 3 所示。

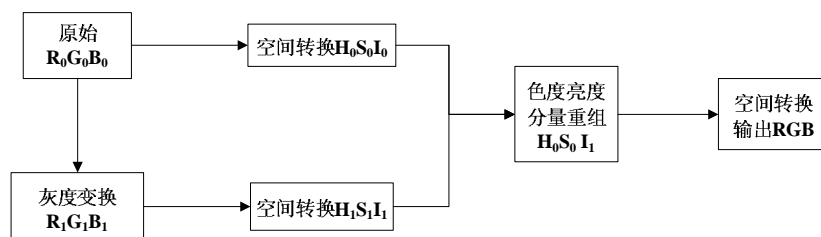


图3 算法III流程图

Fig. 3 Flow chart of algorithm III

2 实验结果及讨论

这一部分将给出上文中三种算法的实验结果。由于三种算法均将灰度变换推广到了彩色图像增强中, 实验中以最常见的直方图均衡算法作为三种算法中灰度变换的方法进行实验。实验采用图片来自美国国家航空航天局兰利研究中心(NASA Langley Research Center)。

2.1 主观效果分析

实验中采用 RGB 分量分别进行灰度变换与以上三种算法进行比较, 以便观察增强后图像的色彩保持效果。

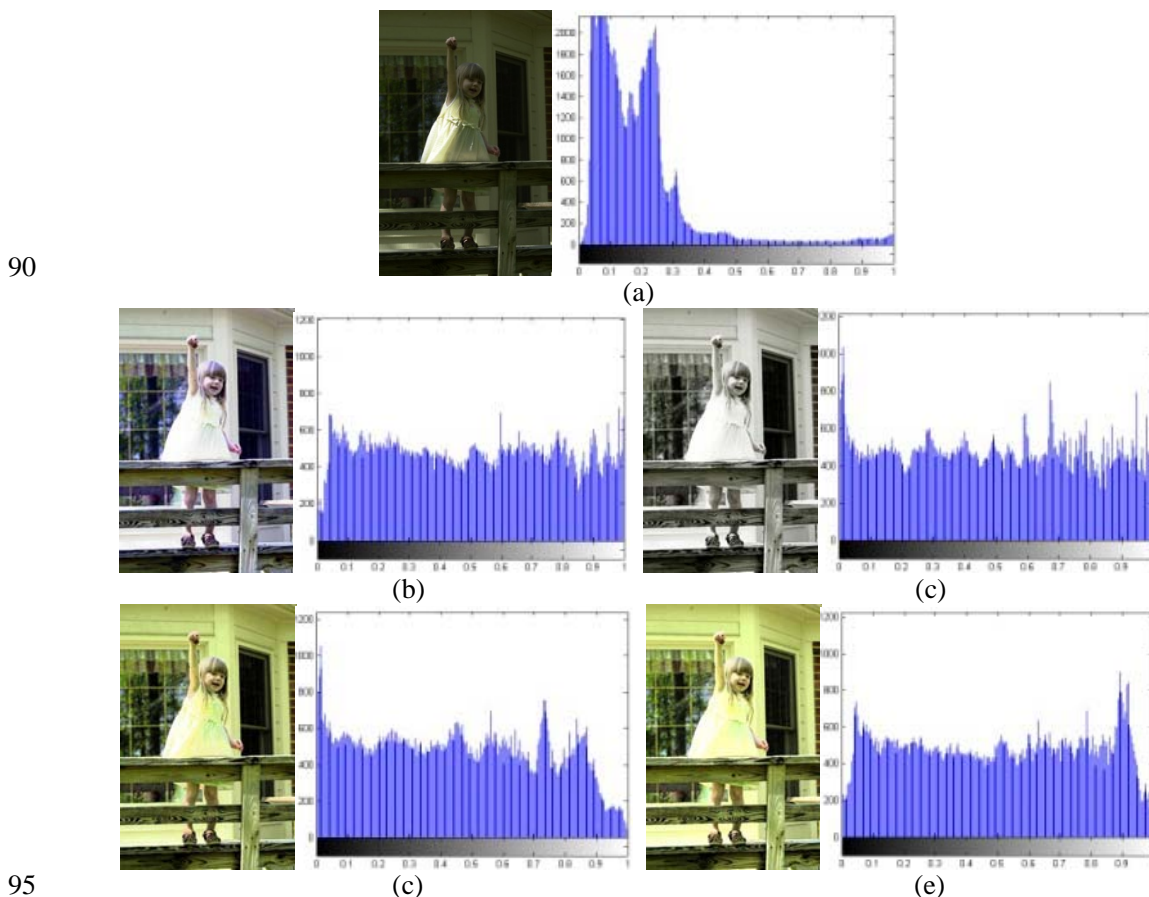


图 4 实验结果: 从(a)到(e)依次为原始图像, RGB 分量独立均衡输出, 算法 I 输出, 算法 II 输出, 算法 III 输出与其对应的亮度分量直方图

Fig. 4 Experimental results: from a to e: original image, image after HE on each channel independently, image after method I, image after method II, image after method III and their corresponding histogram of I component

由图 4 可以看出, 原彩色图像图 4(a)对比度低, 局部细节不突出, 如小女孩的神态, 木桩的纹理和屋子内窗帘的花纹等, 并且整体色彩偏暗。然而, 在图 4(b)中, 对原图 RGB 分量分别进行均衡处理, 在提高整体对比度上有很好的效果, 但是出现了明显的彩色失真。对于算法 I 的处理结果, 如图 4(c)所示, 改善了视觉效果, 图像的细节都呈现出来, 但整体彩色偏暗淡, 呈现泛白的现象。由图 4(d)和(e)看到, 算法 II 与算法 III 处理后视觉效果最好, 不但增强了图像对比度而且增强后图像的色彩醒目和生动。

2.2 实验结果数据分析

为了客观评价以上几种算法处理效果, 本文按照 Jobson 等人在文献[7]提出的度量方法给出以上三种算法的客观参数, 分别为对比度改变(C), 亮度改变(L), 色调改变(H)。

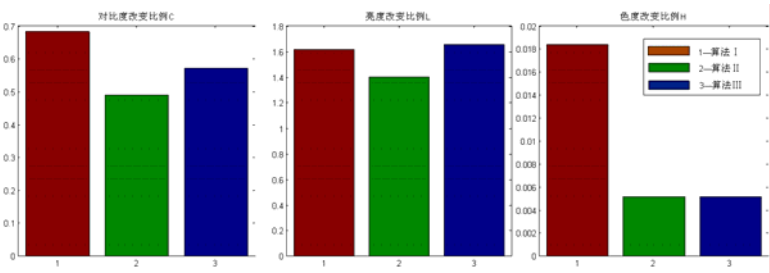


图 5 三种算法的 C、L、H 比较图
Fig. 5 C L H of three algorithms comparison

由图 5 的客观参数柱状图可以看出,三种算法处理后的图像在对比度增强和亮度增强上均有一定的效果,增强效果相差不大。在色度保持方面,在此特别给出对原始 RGB 分量独立均衡后输出图像色度改变比例值 $H=1.159$,比文中三种算法的色度改变比例高出了 2~3 个数量级,出现了严重失真,这是因为单独对 RGB 各分量进行灰度变换,该过程是基于单色的,并且没有考虑彩色矢量分量间的联系。相比之下,在用文中三种算法处理后的彩色图像色调改变要小得多,其中算法 II,算法 III 色调保真度较好。

算法复杂度方面,通过算法处理时间来比较三种算法的性能,如表 1 所示。
实验环境如下:英特尔 2.0GHz 双核 CPU,内存 2G, Windows XP 操作系统,平台为 Matlab 2010b。

表 1 三种算法处理时间对比
Tab. 1 The consuming time of three algorithms

| | 算法 I | 算法 II | 算法 III |
|----------|---------|--------|--------|
| 处理时间(ms) | 1001.39 | 418.96 | 299.88 |

由表 1 可以看出,算法 III 的处理效率最高,有用于实时彩色图像处理的潜质。

3 结论

本文对三种颜色保持的彩色图像增强算法性能进行了分析,这三种算法的共同点在于考虑了彩色图像增强后的颜色保持问题,同时将灰度变换技术推广到彩色图像增强中。从实验结果比较可以看出,算法 I 处理后的图像对比度,亮度增强效果较好,但是图像整体色彩变暗。算法 II 与算法 III 处理后图像视觉效果较好,算法 II 是基于对图像各像素点的逐点操作,在局部对比度增强上取得了很好的效果,比如增强后小女孩胸口裙子上的饰物被显示出来,但算法中有一个参数的设定,而算法 III 在处理过程中没有任何认为参数的设定,因此具有很好的自适应特性,同时算法效率较高。综合考虑主观效果和时间效率两种因素,在对处理后视觉效果要求较高的的情况下可采用算法 II,如果对实时性要求较高,则可以选用算法 III。

[参考文献] (References)

[1] Andreas Koschan,Mongi Abidi.彩色数字图像处理[M].章毓晋.北京:清华大学出版社,2010.
[2] Gonzalez R C, Woods R E. 数字图像处理[M].阮秋琦,阮宇智等.北京:电子工业出版社,2007.
[3] S.K.Naik and C.A.Murthy,Hue-Preserving Color Image Enhancement Without Gamut Problem,IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING,2003,12(12) :1591-1598.
[4] S.M.Murtaza, J.Ahmad, U.Ali Efficient Generalized Colored image Enhancement,in:Proc.IEEE conf.Cybernetics and Intelligent Systems.2006.1-5
[5] 李冠章,鲁 琴,罗武胜. 彩色图像的亮度-色度非线性重组[J]. 计算机工程与应用,2010, 46(25): 178-180.
[6] C.C.Yang and J J Rodriguez, Efficient luminance and saturation processing techniques for bypassing color coordinate transformations,in Proc.IEEE Int.Conf.on Systems,Man,and Cybernetics,vol.1,1995,667-672.
[7] Jobson J D, Rahman Z U, Woodell G A. The Statistics of Visual Representation. in Proceedings of SPIE Visual Information, 2002,25-35.