

海洋文化印刷品中图像的改进增强算法

李 雨¹,王振东²,孙 威³,林冠男¹

- (1. 安庆师范大学 计算机与信息学院,安徽 安庆 246133;
2. 安庆师范大学 物理与电气工程学院,安徽 安庆 246133;
3. 安庆师范大学 数学与计算科学学院,安徽 安庆 246133)

摘要:针对海洋文化印刷品中彩色海景图像存在视觉质量不佳的问题,结合 RGB 色彩模式和印刷品中常用的 CMYK 色彩模式的色域范围存在差异的特点,提出一种改进算法。结合分类和贪心选择的思想,对输入的彩色海景图像进行处理,实验结果表明,算法在对印刷品中海景图像进行增强的同时,有效地保护图像的色调信息,实现印刷品中海景图像视觉效果优化。
关键词:海景图像;图像增强;色域;CMYK 色彩模式;算法
中图分类号:TP391.41 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2017)03-0030-04

海洋文化是传统文化的重要组成部分,海景图像作为海洋文化真实而客观的记录,有助于人们对海洋文化进行深入的感知和理解。海景图像增强属于数字图像处理的范畴,通过对图像的各种加工,最终获得更好的视觉效果和展现更为丰富的细节信息^[1]。为此,中外学者对图像增强方法进行了大量的研究, Kim^[2]提出了在一定程度上保持原始图像亮度的双直方图均衡(BBHE)算法,该算法在传统直方图均衡(HE)的基础上进一步提高了图像的视觉效果;Chen 等^[3]在此基础上通过递归选取各段子图像的平均亮度值为阈值,提出一种递归分解的多段直方图均衡方法(RM-SHE),能够在更高程度上保持图像亮度;吕宗伟^[4]则是以图像增强前后亮度不变为约束条件,计算 BBHE 算法产生的 2 个子图像的加权重,使最终输出图像在最大程度保持原始输入图像亮度的情况下实现了对比度的提高;江巨浪^[5-6]等采用的局部直方图均衡算法,较上述全局直方图均衡算法能够更进一步增强图像的局部细节,但会产生块效应,且目前尚未有很好的方法来消除,同时算法的处理速度也有待提高。

彩色图像的色彩表征模式通常有基于 R(红)、G(绿)、B(蓝)三基色的 RGB 色彩模式和

基于人眼视觉系统的 HSI 色彩模式和 HSV 色彩模式等。对于 RGB 色彩模式下彩色图像的增强,通常是将其转换到 HSI 色彩模式再进行全局直方图的均衡增强操作,可以在一定程度上保持图像的色调和饱和度信息。牛爽等^[7]在 YCbCr 色彩模式下对图像去噪之后估计出亮度传播图,再在 HSI 色彩模式下对图像进行增强,但图像进行平滑去噪处理时会丧失一定的细节信息。江巨浪等^[8]则是在 HSI 色彩模式和小波域下通过改进的 RMSHE 算法实现图像的增强操作,但算法对图像色调整体偏蓝的海景图像的增强效果有待提高。张红涛等^[9]提出了一种多光谱图像融合技术的图像增强方法,通过对不同全色图像在 HSI 色彩空间的多种融合方式的对比研究,得到融合后增强效果最好的图像。该算法通过色彩空间的转换,可以很好地保留原始图像的色调信息,使得增强后的图像更为自然,但算法过于复杂且对硬件设备要求较高。

以上几种方法均没有考虑到彩色海景图像在两种色彩模式间相互转换所造成的色彩损失。本文通过分类在两种色彩空间可以相互转换的色域范围内,结合贪心算法先对彩色海景图像的亮度分量进行分级加权增强,再通过八近邻的计算来

填充剩余未增强的色彩区域,使最终输出的图像不仅包含清晰的细节信息,还能有效降低模式转换中的色彩损失。

1 算法描述

通常发光体采用 RGB 色彩而反光体采用 CMYK 色彩。由于印刷品中的海景图像本身不具备发光特性,其色彩的呈现靠的是反射光^[10],因而 CMYK 色彩空间在海景图像的印刷品中经常使用。两种色彩模式的原理不同,色域范围存在差异,这可从文献[11]所附的色域图中看出。文献[12]指出虽然 RGB 相对 CMYK 色彩模式色域较宽,但仍然存在一部分颜色只显示于 CMYK 色彩空间,而在 RGB 色彩空间中无法显示,从而使增强后的海景图像在两种色彩空间相互转换时不可避免地产生色彩损失。本文通过对色域进行分类处理,可以在一定程度上减弱两种色彩空间相互转换时产生的色彩损失。具体算法如下:

(1) 在色域图中找出两种色彩模式可以实现相互转换的区域,并在创建的与输入彩色海景图像等尺寸大小的标记矩阵中进行标记;

(2) 对两种色彩模式可以相互转换的色域(即有标记)部分,采用 1.2 节的增强算法进行处理,未标记的部分暂时保持不变;

(3) 在增强后图像中对应标记矩阵的未标记部分使用八近邻方法进行色彩填充;

(4) 遍历所有输入彩色海景图像中的像素,重复上述步骤,输出最终的处理结果。

1.1 直方图均衡算法的期望目标

彩色海景图像的增强处理一般只处理 HSI 色彩模式下的亮度分量 I ,而实现对亮度分量分段直方图均衡的核心在于寻找合适的分割阈值。传统的均衡算法采用各段子图像的亮度平均值,设输入海景图像亮度分量 I 的平均亮度值为 G_m ,亮度级范围的均值 $G_c = 255/2$,文献[8]对递归分解得到的 2^r 个子图像(r 为递归深度),在其各自灰度范围内进行多段直方图均衡后,得到图像的期望目标平均亮度为:

$$E(Y)_r = (1 - \frac{1}{2^r}) \times G_m + \frac{1}{2^r} \times G_c \quad (1)$$

不妨以双直方图均衡为例,此时递归深度 $r=1$,则有均衡后海景图像亮度分量 I 的期望平均亮度是:

$$E(Y)_1 = \frac{G_m + G_c}{2} \quad (2)$$

从公式(2)可以看出,理论上双直方图均衡的输出图像期望平均亮度是输入图像的亮度均值和亮度级均值的数学平均,而实际实验中通过 BBHE 算法处理后的图像,亮度均值与理论期望的平均亮度之间存在着一定差异。通过选取满足理论期望的分割阈值使输出图像达到理论期望的平均亮度,可以进一步提高图像的信息熵值,以及和原始输入图像在直方图上的相似程度,从而取得更好的视觉增强效果。

1.2 基于贪心算法的分割阈值选择

贪心算法是一种求最优解问题常用的设计技术,采用自顶而下,以迭代的方法和某个优化测度使所做的选择是当前最佳的,期望通过局部最优的贪心选择来产生全局最优解。对一幅实际的彩色海景图像亮度分量进行直方图均衡增强时,往往存在不止一个阈值能够使输出的图像亮度均值满足公式(1),不妨以期望输出平均亮度为最优测度,利用贪心算法递归选择各段中满足均衡后最接近期望输出的分割阈值(建议递归选择的深度与直方图递归分段的深度 r 保持一致),最后以得到的这些最优均衡图像的亮度均值和期望平均亮度差值的倒数为权重,进行加权来实现对海景图像的增强。在双直方图均衡($r=1$)中,可以在 $[0, G_m]$ 和 $[G_m, 255]$ 两个亮度区间分别找到合适的分割阈值,使得最终输出图像的亮度均值与理论期望的亮度均值最接近,得到两幅图像 Y_1 和 Y_2 ,从而最终的输出图像 Y 为

$$Y = \sum_r \frac{Y_{2^r}}{\text{mean}(Y_{2^r}) - E(Y)_r} \quad (3)$$

具体的算法如下:

(1) 通过色彩模式的转换,得到输入的彩色海景图像的亮度分量 I ;

(2) 保持色调分量和饱和度分量不变,以期望输出亮度均值为最优测度,利用贪心算法递归选择各段中满足均衡后最接近期望输出的分割阈值,得到 2^r 个不同亮度段中最优均衡后的图像 Y_{2^r} ;

(3) 利用公式(3)来加权平均,得到最终的输出图像 Y 。

2 实验仿真与结果分析

选取一幅反映中国港湾生活的实景图像来测

试算法的处理效果。图 1a 为原始彩色海景图像;利用 RGB 色彩空间与 HSI 色彩空间的相互转换,得到 HSI 色彩空间的亮度分量,如图 1b 所示;使用不同的分割阈值 T_h 对图 1b 进行双直方图均衡,并以灰度分割阈值 T_h 为横坐标,以不同分割阈值均衡后的图像亮度均值与其期望亮度均值的差值 G 为纵坐标,在程度软件循环运行后绘得误差曲线,如图 1c 所示,从图 1c 可以看出不同阈值对输出图像平均亮度与其期望亮度均值之差值的影响;图 1d 为传统 BBHE 算法对灰度图像的增强效果,其分割阈值 T_h 为图 1b 的亮度均值 171;图 1e 和图 1f 是分割阈值 T_h 分别取 251 和 68 时进

行双直方图均衡后的处理效果,从直观视觉上可以明显看出不同分割阈值对输入海景图像亮度分量的均衡效果存在差异;图 1g 为本文 1.2 节增强算法的处理结果,直观上看通过加权处理后的图像有着更好的视觉效果;图 1h 是在 HSI 色彩空间使用 BBHE 算法增强后的效果,相比于原始彩色海景图像(图 1a),在色度保持上有着明显的改善,但图像的对比度效果并不明显,如蓝色水面的色彩部分;图 1i 为 HSI 空间下使用本文 1.2 节增强算法处理的效果,在增强图像对比度的同时能很好地保持图像的色彩效果。

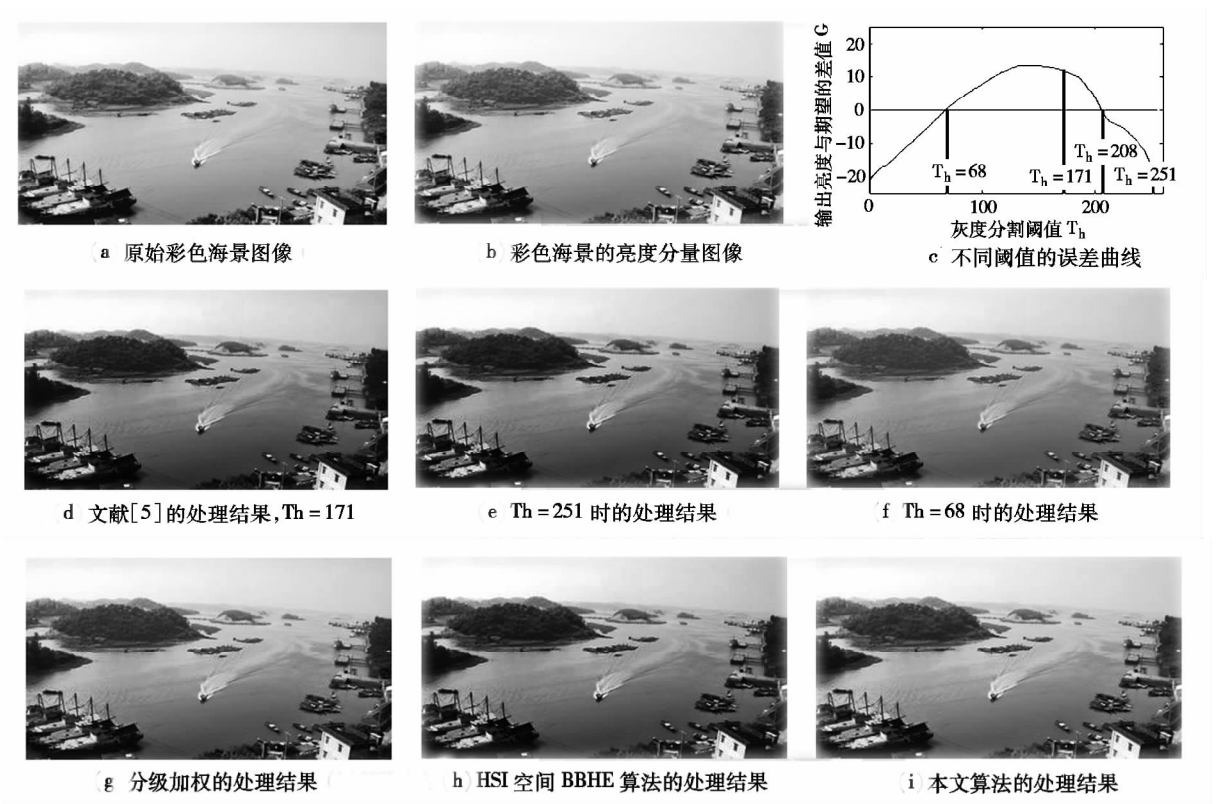


图 1 图像增强处理的效果对比

Fig. 1 Effect comparison of image enhancement processing

为了进一步比较 BBHE 算法和分级加权算法的图像增强效果,对海景图像与 Lena 图像(标准图像库中数字图像处理的通用图像)的亮度分量分别采用这两种算法进行处理,记录图像处理后的亮度均值与其理论期望平均亮度的差值 G 和图像熵值 H ,如表 1 所示。由表 1 可知,本文 1.2 节的分级加权算法输出的图像亮度均值更接近于理论推导的期望平均亮度,同时保有较高的图像信息熵值。

通过色域的分类处理,结合图 1(h)与图 1(i)的实验效果对比,本文算法在图像对比度增强的同时,能够在较大程度上保持原始图像的色调信息。使用结构相似度 $SSIM^{[13]}$ 来衡量在 HSI 空间使用 BBHE 算法和本文算法处理后,色调分量与原始输入彩色海景图像色调分量的保持程度,相关统计数据记录于表 2。由表 2 可知,在图像熵值相差极小的情况下,本文在 HSI 空间使用分级加权均衡的增强算法处理后的色调分量能在较

表 1 BBHE 算法与分级加权算法的数据统计
Table 1 Data statistics of BBHE algorithm and hierarchical weighting algorithm

测试对象	BBHE 算法 (图 1d)		分级加权算法 (图 1g)	
	G	H	G	H
海景图像的 亮度分量	-17.341 0	7.419 5	0.058 2	7.478 2
Lena 图像的 亮度分量	-2.220 3	7.223 5	0.527 8	7.229 7

大程度上保持原始输入彩色图像的色调信息,取得较为理想的视觉效果。

3 结束语

通过实验和研究相关文献,发现不同阈值对直方图均衡的结果有着不同的影响,而传统直方

表 2 HSI 空间使用 BBHE 算法与本文算法的数据统计

Table 2 Data statistics of the BBHE algorithm using in HSI space and the proposed algorithm

测试图像	HSI 空间使用 BBHE 算法(图 1h)		本文算法 (图 1i)	
	SSIM	H	SSIM	H
海景图像	0.851 6	7.869 9	0.900 3	7.844 3
Lena 图像	0.932 6	7.953 1	0.990 8	7.936 7

图均衡算法输出的图像平均亮度与理论推导的期望平均亮度之间存在一定的误差。对此提出了一种通过色域分类和基于贪心选择的分级加权处理方法来实现印刷品中彩色海景图像的增强,有着较为理想的实验效果。算法通过有效地优化印刷品中海景图像的视觉效果,能够为进一步深入研究和保护海洋文化资源提供参考。

参考文献:

[1] 章毓晋. 图像处理和分析技术[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,2014.

[2] KIM Y T. Contrast enhancement using brightness preserving bi-histogram equalization[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1997,43(1):1-8.

[3] CHEN S D, RAMLI A R. Contrast enhancement using recursive mean – separate histogram equalization for scalable brightness preservation[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, Nov. 2003,49(4):1 301-1 309.

[4] 吕宗伟. 基于亮度保持的子图像加权对比度增强[J]. 电子学报,2013,41(2):281-287.

[5] 江巨浪,张佑生,薛峰,等. 保持图像亮度的局部直方图均衡算法[J]. 电子学报,2006,34(5):861-866.

[6] 余权,马胜前,马冬梅. 保持图像亮度的自适应局部对比度增强[J]. 计算机工程与应用,2015,51(7):160-164.

[7] 牛爽,尚媛园,丁辉,等. 基于亮度传播图的低照度图像增强算法[J]. 计算机应用与软件,2016,33(6):168-171.

[8] 江巨浪,王振东,伍兆祥,等. HSI 色彩空间的彩色图像小波域直方图均衡算法[J]. 安庆师范学院学报(自然科学版),2016,22(2):26-29.

[9] 张红涛,孙志勇,田媛,等. 基于多光谱图像融合技术的麦粒图像增强方法研究[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版),2014,35(6):89-92.

[10] 肖颖喆,张雯,谢勇. CMYK 与 RGB 颜色空间数字水印在印刷品中的应用比较[J]. 包装学报,2015,7(2):11-15.

[11] 章惠. RGB 和 CMYK 色彩模式的差异分析[J]. 曲阜师范大学学报(自然科学版),2011,37(2):50-51.

[12] MCGAVIN D, STUKENBORG B, WITKOWSK M. Color Figures in BJ: RGB Versus CMYK[J]. Biorhysical Journal, 2005,88(2):761-762.

[13] WANG Z, BOVIK A C, SHEIKH H R, et al. Image qality assessment: from error visibility to structural similarity[J]. IEEE Transactions on Image Processing,2004,13(4):600-612.

An Improved Enhancement Algorithm for Image in Marine Culture Print

LI Yu¹, WANG Zhendong², SUN Wei³, LIN Guannan¹

1. School of Computer and Information, Anqing Normal University, Anqing Anhui 246133, China;

2. School of Physics and Electrical Engineering, Anqing Normal University, Anqing Anhui 246133, China;

3. School of Mathematics and Computational Science, Anqing Normal University, Anqing Anhui 246133, China

Abstract: In view of the poor visual quality of color sea view images in marine culture prints, according to the differences in color gamut range between RGB color patterns and commonly used CMYK color patterns in printed matter, an improved algorithm is proposed. The algorithm combines the idea of classification and greedy selection, processing the input color sea view image. The experimental results show that the algorithm can effectively improve the hue information of the image while enhancing the sea view image in the printed matter, and realize the optimization of the visual effect of the sea view image in the printed matter.

Keywords: sea view image; Image enhancement; Color gamut; CMYK color pattern; algorithm

(责任编辑:李华云)

(上接第 25 页)

Transient Dynamics Analysis of High Speed Shaft Based on ANSYS Workbench

WANG Peng^{1,2}, ZHANG Zhuying¹, XIA Jiansheng², XU Ning²

1. School of Mechanical Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412700, China;

2. School of Mechanical Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China

Abstract: Taking the high speed shaft of the automobile as the research object, based on the Solidworks software, the 3D solid model of the high speed shaft was built and the model was seamlessly imported into ANSYS Workbench 13.0. Based on ANSYS Workbench 13.0, the material and attributes of the high speed shaft were defined. The high speed shaft was meshed to establish the finite element model, and adding the same load and constraint as the actual working conditions. Then, the dynamic characteristics of the high speed shaft at the moment of acceleration were numerically simulated by means of ANSYS Workbench 13.0. The total deformation distribution nephogram, stress distribution nephogram and strain distribution nephogram of the high speed shaft under variable loads were obtained. The analysis of the finite element simulation results showed that the total deformation and stress of the shaft shoulder in the acceleration moment of the high speed shaft changed greatly.

Keywords: high speed shaft; finite element; transient dynamics; simulation

(责任编辑:李华云)