

基于全局和局部多特征的图像增强算法

刘玉洁, 朱韶平

引用本文:

刘玉洁, 朱韶平. 基于全局和局部多特征的图像增强算法[J]. 液晶与显示, 2020, 35(5): 508–512.

LIU Yu-jie, ZHU Shao-ping. Image enhancement algorithm based on global and local multi features[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(5): 508–512.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203505.0508>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

结合分数阶微分及Retinex的NSCT自适应低照度图像增强

NSCT adaptive low illumination image enhancement combining fractional differential and Retinex

液晶与显示. 2020, 35(4): 360–373 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203504.0360>

基于广义线性系统和非锐化掩膜的图像增强算法

Image enhancement algorithm based on generalized linear system and unsharp masking

液晶与显示. 2016, 31(10): 973–982 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163110.0973>

尺度变化的Retinex红外图像增强

Infrared image enhancement method based on scale varies Retinex theory

液晶与显示. 2016, 31(1): 104–111 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163101.0104>

像素级自适应融合的夜间图像增强

Night image enhancement based on pixel level adaptive image fusion

液晶与显示. 2019, 34(9): 888–896 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193409.0888>

基于S曲线全局动态调光的改进算法

Improved algorithm based on S-curve global dynamic dimming

液晶与显示. 2018, 33(12): 1019–1025 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183312.1019>

文章编号:1007-2780(2020)05-0508-05

基于全局和局部多特征的图像增强算法

刘玉洁*, 朱韶平

(珠海城市职业技术学院, 广东 珠海 519090)

摘要:为了解决图像增强时存在的过度增强、图像信息量不足、性能退化等问题,本文提出了一种基于图像局部亮度平均值和全局对比度的图像增强算法。该算法根据图像局部亮度平均值来控制图像的局部对比度,并在全局部分采用局部与全局的对比度比例作为幂次变换的伽马值来进行图像增强。将图像分为低通滤波和高通滤波两部分,低通滤波分量控制高通滤波分量的幅度以增加局部对比度,然后对低通分量以非线性方式修改图像的局部亮度平均值,并将其与处理后的高通分量进行融合。在对比实验中,本文提出的算法比次优算法的清晰度提高了 9.9%,均方根误差(RMSE)提高了 16%。实验证明本文算法在图像增强过程中能提升图像的清晰度,丰富图像细节,满足图像增强算法的稳定性好、鲁棒性强、清晰度高等要求。

关键词: 图像增强;低通滤波器;对比度;非线性;自适应滤波器

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **doi:**10.3788/YJYXS20203505.0508

Image enhancement algorithm based on global and local multi features

LIU Yu-jie*, ZHU Shao-ping

(Zhuhai City Polytechnic, Zhuhai 519090, China)

Abstract: In order to solve the problems of over enhancement and performance degradation in image enhancement, an image enhancement algorithm based on the local brightness average and global contrast of image is proposed. The algorithm controls the local contrast of image according to the local brightness average of image, and adopts the local and full contrast in global part. The local contrast ratio is the gamma value of the power transformation. Firstly, the image is divided into two parts: low pass filter and high pass filter. The low pass filter controls the amplitude of high pass filter to increase the local contrast. Then, the low-pass component is modified in a non-linear way and fused with the processed high-pass component. In the contrast experiment, the clarity of the algorithm proposed in this paper is 9.9% higher than that of the suboptimal algorithm, and the root mean square error (RMSE) is 16% higher. In the process of image enhancement, this algorithm can improve the definition of image, enrich the details of image, and meet the requirements of stability, robustness and high definition of image enhancement algorithm.

Key words: image enhancement; low pass filter; contrast; nonlinear; adaptive filter

收稿日期:2019-11-05;修订日期:2020-01-09.

基金项目:2017 年度广东省教育厅重点平台及科研项目普通高校青年创新人才类项目(No. 2017GkQNCX071)

Supported by 2017 Guangdong Provincial Department of Education Key Platform and Research Projects Youth University Youth Innovation Talents Project(No. 2017GkQNCX071)

* 通信联系人, E-mail: liuyujielyj11@163.com

1 引言

图像增强是计算机视觉的重要研究领域。在实际图像展示或者获取时,数字图像常常会遇到质量较低、重要图像信息不够明显等情况^[1],因此在实践中常用图像对比度增强来调整质量以获得更好的人类视觉感知力^[2],图像增强成为图像处理、视频处理、人脸识别中非常重要的预处理步骤。当前基于空间域技术的图像增强算法可以分为全局方法和局部方法。全局增强方法基于整个图像的信息(亮度和饱和度)来增强图像,其中一个典型的算法就是直方图均衡化。直方图均衡化及其优化方案由于其简单性和有效性,成为图像对比度增强的最常用算法之一。Kim^[3]提出了一种双直方图均衡(BBHE)来保持平均亮度,该算法基于平均亮度,将原始直方图分为两个子直方图,每个子直方图都进行增强处理再进行融合。苑豪杰等^[4]提出了一种多子图像直方图均衡算法,在使用中间亮度将原始直方图分为两个子直方图的基础上进一步进行分解,最后将原始直方图分解为多个直方图,通过重映射和均衡化处理更好地保持了图像增强后的细节。Menotti等^[5]提出了两种新颖的多重直方图(Multi-HE)技术,将输入图像分解成几个子图像,并对每个图像应用经典的直方图均衡处理。与传统的直方图均衡化方法相比,他们的方法可以保留更多的亮度并产生更自然的图像。但是上述方法需要预先设置成本函数的加权常数,自适应能力较弱。局部增强方法根据信息(亮度、饱和度和Retinex)及其邻居的信息来增强每个像素的图像。越琳等^[6]提出了一种针对直方图的均衡化增强技术,消除了均衡化图像增强中遇到的平均亮度偏移以及高频区可能发生的对比度过强带来的质量问题并提升了鲁棒性。Meylan等^[7]使用基于Retinex的自适应滤波器来增强自然彩色图像,在晕圈区域的彩色图像获得了很好的增强效果,但是其方法需要选择适当的滤波器大小以减少光晕图像并为极高的动态范围图像引入全局色调映射。杜雯超^[8]使用脉冲耦合神经网络算法搜索与优化自适应遗传算法相结合,实现了PCNN图像增强时参数的自动设定,解决了传统PCNN在图像增强时参数设定困难的问题。Jobson等^[9]提出了一种带有颜色恢复(MSRCR)的多尺度Ret-

inex来恢复颜色,通过取像素与相邻像素的加权平均值之比来计算像素的颜色值,但是这种方法的一大缺点是会产生异常的色移和光晕效果^[10]。李垚峰等^[11]提出了一种基于Retinex的伽马校正,以减少光晕效应,但是此方法不能自动确定伽玛值,因此自适应性较差。刘冬梅等^[12]提出了结合Retinex校正和显著性的主动轮廓图像分割算法。王浩等^[13]基于人眼的遮盖效应提出基于高斯核平滑滤波的Retinex图像增强算法,利用像素细节信息的丰富程度实现了照度估计,有效提高了红外图像的对比度。

上述算法都立足于单一使用局部信息或全局信息,而对于两者之间的相互联系则考虑不足,因此本文提出了一种基于全局和局部信息的图像增强算法,更全面地利用图像信息获得更好的增强效果。

2 增强算法框架

2.1 局部信息增强

图1展示了修改局部对比度和局部亮度平均值算法的框图。图中, $f(n_1, n_2)$ 表示未处理的数字图像, $g(n_1, n_2)$ 表示处理后的数字图像,它通过将修正后的局部对比度和局部亮度平均值相结合获得。表示 $f_L(n_1, n_2)$ 的局部亮度平均值通过低通滤波 $f(n_1, n_2)$ 得到;局部对比度 $f_H(n_1, n_2)$ 通过从中减去 $f_L(n_1, n_2)$ 获得; $f'_H(n_1, n_2)$ 表示修正后的对比度,由 $k(f_L)$ 与 $f_H(n_1, n_2)$ 相乘得到 $f'_L(n_1, n_2)$;表示通过非线性函数修正的局部亮度平均值。

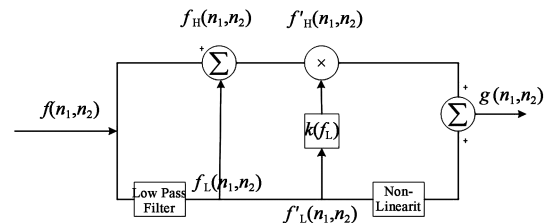


图1 局部信息增强算法框架

Fig.1 Local information enhancement algorithm framework

$k(f_L)$ 取决于实际工程需求, $k(f_L) > 1$ 表示局部对比度增加,而 $k(f_L) < 1$ 表示局部对比度降低。本文通过非线性函数来修改局部亮度平

均值,并且将修正后的局部亮度平均值表示为 $f_L^1(n_1, n_2)$,然后将修改后的局部对比度和局部亮度平均值相结合以获得 $g(n_1, n_2)$,即处理后的图像。局部图像修改流程如图 2 所示。

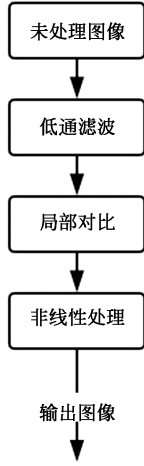


图 2 局部图像修改流程

Fig. 2 Local image modification process

该算法在根据局部亮度平均值修改局部对比度的基础上修改局部亮度平均值。对于典型的图像,出于视觉目的,通常期望增加重要区域的局部对比度,因此本文将 $k(f_L)$ 选为大于 1 的常数,使用的低通滤波操作由公式(1)完成:

$$f_L(n_1, n_2) = \frac{1}{(2N_1 + 1)(2N_2 + 1)} \sum_{K=-N_1+1}^{N_1+1} \sum_{l=-N_2+1}^{N_2+1} f(K, l) \quad (1)$$

2.2 融合全局信息的增强

传统的局部对比度增强算法无法利用目标区域以外的图像像素信息,因此对目标区域的噪声敏感。对于图像全局信息而言,为了增强局部细节往往会带来噪声的增加。为了避免这种情况,一些变换域的图像增强算法利用多尺度分析将图像分解到不同子带,将子带中的全局图像信息进行调整来优化图像增强的性能。这类算法的优势是可以同时考虑图像的全局信息和局部信息,但是由于全局信息的数据量大会导致计算复杂度的提升。本文提出的算法利用邻域伽马校正算法实现局部对比度增强,同时利用局部对比度与全局对比度的比例作为权重系数的判定依据,伽马校正的计算公式为

$$O(x, y) = 255 \times \left(\frac{I(x, y)}{255} \right)^\gamma, \quad (2)$$

式中: $I(x, y)$ 为输入图像的灰度值; $O(x, y)$ 为伽马校正后的灰度值; γ 为校正系数。在传统伽马校正算法中,每个图像对应一个固定的 γ 值,主要依赖专家打分法进行设置因此缺乏自适应能力,本文为了提升算法的自适应能力,结合邻域信息的伽马校正算法对图像全局所有像素的邻域信息都利用伽马校正系数 $\gamma(x, y)$ 进行计算,公式为

$$\gamma(x, y) = \alpha \left(\frac{128 - L'(x, y)}{128} \right)^\omega, \quad (3)$$

从公式(3)可以看到,像素对应的伽马系数 $\gamma(x, y)$ 将图像的局部信息和全局信息都考虑进去,通过其相互关系自适应调整 γ 值。其中 α 也可以由人工设置,在 α 的幂系数保持不变时, α 越小则 γ 越小,因此对黑暗区域的增强效果更佳, α 为 1 则不对图像做增强处理。

3 实 验

本文将所提方法的增强结果与主流图像增强方法 (SVLM^[14]、MSRCR^[15]、Contourlet^[16]、SWT^[17]) 的效果进行了比较。图 3 显示了用本文算法获得的照明图像的增强结果,左边是原始图像,右边是增强后的图像。



图 3 图像增强效果图

Fig.3 Image enhancement effect

表 1 为对比算法和本文算法在图像增强的指标对比。可以看出,在均采用自适应阈值处理方法时,平稳小波变换(SWT)的增强效果要比小波变换的增强效果好,但实际处理过程中两者在图

像边缘处都出现了伪 Gibbs 失真。而本文的增强效果要比 SWT 的增强效果好,实验结果中基本看不到伪 Gibbs 失真。另外采用本文的自适应

阈值处理方法所得到的结果图像的均方根误差(RMSE)值最高,清晰度也最大,因此所得图像的细节最丰富。

表1 图像增强数据指标对比

Tab.1 Image enhancement data index comparison

增强图像		SVLM	MSRCR	Contourlet	SWT	本文算法
房屋	RMSE	22.75	23.89	23.76	28.91	31.24
清晰度 1 045	清晰度	3 872	3 962	4 376	5 212	5 987
玫瑰	RMSE	27.32	21.31	24.84	25.82	29.19
清晰度 1 230	清晰度	4 320	4 590	5 219	5 430	5 972

4 结 论

本文提出了一种基于局部和全局信息的图像增强算法,该算法将图像分为低通滤波和高通滤波两部分,低通滤波分量控制高通滤波分量的幅度以增

加局部对比度。然后对低通分量以非线性的方式修改图像的局部亮度平均值,并将其与处理后的高通分量进行融合。在与其他算法的对比实验中可以看出,本文提出的算法在运算速度、稳定性、增强效果等方面都具有更好的表现,能满足图像增强算法高效的要求,有效改善图像质量,丰富图像信息。

参 考 文 献:

- [1] 张偌雅,李珍珍.数字图像质量评价综述[J].现代计算机,2017(29):78-81.
ZHANG R Y, LI Z Z. Overview of digital image quality evaluation [J]. *Modern Computer*, 2017(29): 78-81. (in Chinese)
- [2] 席诗琼,韩胜,耿卫东.一种指纹奇异点区域图像增强算法[J].液晶与显示,2018,33(9):89-95.
XI S Q, HAN S, GENG W D. An image enhancement algorithm for fingerprint singularity area [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystal and Displays*, 2018, 33(9): 89-95(in Chinese)
- [3] KIM Y T. Contrast enhancement using brightness preserving bi-histogram equalization [J]. *IEEE Trans. Consumer Electronics*, 1997, 43:1-8.
- [4] 苑豪杰,刘昌禄,许建平,等.基于自适应多子直方图均衡的图像增强算法[J].指挥控制与仿真,2017,39(5):45-49.
YUAN H J, LIU C L, XU J P, et al. Image enhancement algorithm based on adaptive multi-sub-histogram equalization [J]. *Command Control and Simulation*, 2017, 39(5): 45-49. (in Chinese)
- [5] MENOTTI D, NAJMAN L, FACON J, et al. Multi-histogram equalization methods for contrast enhancement and brightness preserving [J]. *IEEE Trans. Consumer Electronics*, 2007, 53:1186-1194.
- [6] 越琳,高丽燕.直方图分割耦合裁剪控制均衡化的图像增强算法[J].计算机工程与设计,2017(2):465-469.
YUE L, GAO L Y. Image enhancement algorithm based on histogram segmentation coupled with clipping control equalization [J]. *Computer Engineering and Design*, 2017(2): 465-469. (in Chinese)
- [7] MEYLAN L, SSSTRUNK S. Color image enhancement using a Retinex-based adaptive filter [C]// *Proc. IS & T Second European Conference on Color in Graphics, Image, and Vision*, 2004, 2:359-363.
- [8] 杜雯超.基于GA优化PCNN的图像增强与分割的应用研究[D].福州:福州大学,2015.
DU W C. Application research on image enhancement and segmentation based on GA optimized PCNN [D]. Fuzhou: Fuzhou University, 2015. (in Chinese)
- [9] JOBSON D, RAHMAN Z, WOODDELL G. A multiscale Retinex for bridging the gap between color images and the

- human observation of scenes [J]. *IEEE Trans. Image Processing*, 1997, 6:965-976.
- [10] CHOUDHURY A, MEDIONI G. Perceptually motivated automatic color contrast enhancement based on color constancy estimation [J]. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2010, 83:837237.
- [11] 李焱峰, 何小海, 吴小强. 改进的带色彩恢复的多尺度 Retinex 雾天图像增强算法 [J]. *计算机应用*, 2014, 34(10):2996-2999.
- LI Y F, HE X H, WU X Q. Improved multi-scale Retinax fog image enhancement algorithm with color recovery [J]. *Computer Application*, 2014, 34(10): 2996-2999. (in Chinese)
- [12] 刘冬梅 常发亮. 结合 Retinex 校正和显著性的主动轮廓图像分割 [J]. *光学 精密工程*, 2019, 27(7): 1593-1600.
- LIU D M, CHANG F L. Active contour model for image segmentation based on Retinex correction and saliency [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2019, 27(7): 1593-1600.(in Chinese)
- [13] 王浩, 张叶, 沈宏海, 等. 图像增强算法综述 [J]. *中国光学*, 2017, 10(4): 438-448.
- WANG H, ZHANG Y, SHEN H H, *et al.* Review of image enhancement algorithms [J]. *Chinese Optics*, 2017, 10(4): 438-448.(in Chinese)
- [14] LEE S, KWON H, HAN H, *et al.* A space-variant luminance map based color image enhancement [J]. *IEEE Trans. Consumer Electronics*, 2010, 56(4):2636-2643.
- [15] 梅英杰, 宁媛, 陈进军. 融合暗通道先验和 MSRRCR 的分块调节图像增强算法 [J]. *光子学报*, 2019, 48(7): 710005-0710005.
- MEI Y J, NING Y, CHEN J J. Block-adjusted image enhancement algorithm combining dark channel prior with MSRRCR [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2019, 48(7): 710005-0710005. (in Chinese)
- [16] KARTHIKA D, MARIMUTHU A. Retinal image analysis using contourlet transform and multistructure elements morphology by reconstruction [J]. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 2011, 58(5):1183-1194.
- [17] AARTI K P. An efficient algorithm to enhance the digital/medical image using SWT and AMF in wavelet transformation domain [C]// International Conference on Computing for Sustainable Global Development, 2016:82-89.

作者简介:



刘玉洁(1983—),女,湖南双峰人,硕士,讲师,2010年于华中科技大学获得硕士学位,主要从事物联网技术等方面的研究。E-mail:liuyujielyj11@163.com