

一种改进的 Retinex 算法在图像去雾中的研究与应用

刘洋 张杰 张慧

(成都信息工程大学 成都 610000)

摘要 在雾霾环境下获取的图像往往不清晰,整体图片亮度较高。Retinex 算法是一种新型的图像增强方法,与传统的图像特征增强方法相比,有很多优点,如色彩恒定不变、处理速度快、颜色具有很好的视觉特征等,但是其也有对亮度较大的位置处理效果不佳和光照变化较大会出现光晕的缺点。对 Retinex 算法进行了研究和改进,使其克服了出现光晕和对较亮图像处理效果不佳的缺点。实验结果表明,改进算法克服了上述缺点,获得了更好的图像增强的效果,是一种适应性强、鲁棒性高的图像增强算法。

关键词 图像去雾,图像增强,Retinex 算法,引导滤波,图像复原

中图分类号 TP312 **文献标识码** A

Study and Application of Improved Retinex Algorithm in Image Defogging

LIU Yang ZHANG Jie ZHANG Hui

(Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610000, China)

Abstract The images obtained in foggy days are always not distinct and the overall brightness of images is high. Retinex algorithm is a new image enhancement algorithm. It has many advantages such as constant color, fast processing speed, etc. But it also has same disadvantages such as the effect of processing bright image is not good. The experimental result proves that the improved algorithm overcomes the above disadvantages, has better effect of image enhancement, and it is an algorithm with strong adaptability and high robustness.

Keywords Image defogging, Image enhancement, Retinex algorithm, Bootstrap filtering, Image restoration

1 引言

图像增强是为了增强图像中的有用信息,凸显图像的整体或局部像素值特性,去除图像中的冗余信息,丰富其信息量并改善图像质量。常见的图像增强处理方法有灰度变换增强、直方图均衡增强、图像平滑增强、空域滤波、频域滤波等,但是这些方法都有明显的缺点和局限性,比如:当光照变化较大时,处理结果不是很理想。

在雾霾条件下采集图像,原本较低的像素值被增大,原本较高的像素值被减弱,造成了对比度的退化,最终导致雾霾天气图像的能见度和对比度降低。近年来,随着人们生活水平的提高,我国出现雾霾天气的几率大大增加,这给图像的处理造成了很大的影响,因此对图像增强进行研究有一定的现实意义。

基于 Retinex 理论的图像增强算法能增大图像中较暗区域的对比度,有效地压缩光照不均匀图像的动态范围,然而对于增强雾霾条件下图像中较亮处的细节很困难。本文针对 Retinex 算法进行了研究和改进,达到了更好的增强效果。

2 Retinex 算法

Retinex 算法是将一幅图像看作照射图像和反射图像的

乘积,其数学表达式为:

$$I(x, y) = L(x, y) \times R(x, y) \quad (1)$$

其中, L 表示照射光, R 表示物体的反射性质, I 是反射光被观察者或者照相机接收到后所构成的并观察到的图像。

为了分离出反射和照射分量,对式(1)两边取对数,即有:

$$\lg[I(x, y)] = \lg[L(x, y)] + \lg[R(x, y)] \quad (2)$$

其中, $R(x, y)$ 和 $L(x, y)$ 分别对应于图像的高频和低频部分,第 i 个颜色分量通过 Retinex 算法输出结果 $R_i(X, Y)$:

$$R_i(X, Y) = \lg I_i(x, y) - \lg[F(x, y) \otimes I_i(x, y)] \quad (3)$$

其中, $i=1, 2, 3$; \otimes 表示卷积运算; $F(x, y)$ 表示环绕函数,可以采用高斯函实现,即有:

$$F(x, y) = K \times e^{-(x^2 + y^2 / \sigma^2)} \quad (4)$$

其中, σ 表示高斯环绕的尺度参数。 K 由归一化函数决定,即有:

$$\iint F(x, y) dx dy = 1 \quad (5)$$

根据上述算法可知,由于 Retinex 算法的高斯算子不能在过渡区很好地估计光照,当光照变化较大时,会产生光晕现象,而且对数化处理压缩了亮区域的显示范围,导致其细节弱化,由于 L 和 R 是乘积关系,为了便于处理,对其进行对数处理,从而将其转化为线性关系。使用对数处理可以极大地增

大暗区域的像素值,以增加对比度,但是压缩了亮区图像的显示范围,导致其细节弱化模糊甚至丢失,因此对较亮的图像处理效果欠佳,如雾霾图像。

3 对 Retinex 算法的改进

在此基础上,针对 Retinex 算法的两个问题做了针对性的改进,以得到令人满意的结果。

首先,针对 Retinex 算法对较亮图像的处理效果欠佳的问题,考虑在处理前先进行反色处理。然后,为了减少光晕,寻找一个合适的低通滤波算子是非常重要的,该低通滤波算子应该具有良好的边缘保持特性,利用该低通滤波算子估计出来的光照成分可以反映图像的整体结构。考虑到双边滤波同时利用了当前点和邻域像素点的空间相似性和灰度值相似性,可以使其较好地考虑到图像中光照突变的现象,从而在一定程度上克服光晕现象,因此使用双边滤波来快速估计光照图像。现将此方案称为改进方案 1,其流程图如图 1 所示。



图 1 改进方案 1 的流程图

然而实验结果表明,虽然图像的光晕现象得到一定改善,但是该现象仍然存在,改进方案 1 的去雾效果也有一定改善,但是仍然不令人满意,因此需要对改进方案 1 再进行改进。考虑到引导滤波同样具有消除边缘的特性,在一些细节上效果更好,效率更高,因此采用引导滤波代替双边滤波进行滤波估计以消除光晕,同时在使用 Retinex 算法增强之后,进行一次 GAMMA 校正。针对图像处理之后色调偏暗的问题,需要对整体色调进行调整。GAMMA 函数一方面对图像具有很好的动态压缩效果,另一方面增强了感兴趣区域在图像中的比例。现将此改进方法称为改进方案 2,其流程图如图 2 所示。

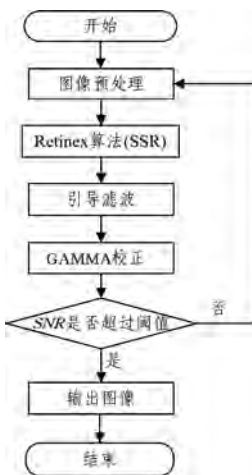


图 2 改进方案 2 的流程图

4 实验结果与分析

4.1 实验环境

为了验证本文提出的改进方案的有效性,利用具体图像进行实验,实验环境为:1.5 GHz CPU,8 GB 内存,Windows 7 64 位操作系统。实验采用 Matlab 2010b 编程实现。

4.2 客观指标

在图像处理领域,没有统一的标准评价图像处理的效果,本文采用客观评价为主、主观评价为辅的方式,将信息熵作为客观评价的标准。

信息熵表示事件中存在的信息的多少,信息熵值大,说明图像信息多,即图像轮廓更清楚,图像更清晰。

4.3 结果与分析

图 3 为待处理图像,图 4 为采用原始 Retinex 算法(SSR)增强之后的图像,可以看出去雾效果相当有限,而且在车身与其周围出现了很明显的光晕。表 1 表明增强前后的信息熵也几乎没有变化。这说明由于对较亮处处理不佳,且在灰度变化大的地方会出现非常明显的光晕,因此传统 Retinex 算法的去雾效果相当有限。



图 3 待增强图像



图 4 原始 Retinex 算法增强之后的图像

表 1 Retinex 算法增强前后图像信息熵的对比

增强前图像的信息熵	增强后图的信息熵
5.7834	5.7975

采用了改进方案 1 增强之后,车身周围的光晕得到了一定程度的改善,且去雾也有了一定的效果,如图 5 所示。从表 2 中信息熵的对比可以看出,通过改进方案 1,图像的信息熵有了一定程度的提高。采用了改进方案 2 之后,车身周围的光晕基本消失,去雾效果也令人满意,如图 6 所示,从信息熵也能看出,采用改进方案 2 增强之后的图像的信息熵得到了显著的提高。



图 5 采用改进方案 1 增强之后的图像



图 6 采用改进方案 2 增强之后的图像

表 2 改进后的 Retinex 算法增强后图像信息熵的对比

采用改进方案 1 增强后的图像信息熵	采用改进方案 2 增强后的图像信息熵
6.0910	7.1874

- [16] WANG Y, CHUA C. Face recognition from 2D and 3D images using 3D Gabor filters[J]. Image and Vision Computing, 2005, 23:1018-1028.
- [17] WANG Y, CHUA C. Robust face recognition from 2D and 3D images using structural Hausdorff distance[J]. Image and Vision Computing, 2006, 24(2):176-185.
- [18] NANNI L, LUMINI A. Region Boost learning for 2D+3D based face recognition[J]. Pattern Recognition Letters, 2007, 28(15):2063-2070.
- [19] MIAN A, BENNAMOUN M, OWENS R. An efficient multimodal 2D-3D hybrid approach to automatic face recognition[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2007, 29(11):1927-1943.
- [20] RICCIO D, DUGELAY J. Geometric invariants for 2D/3D face recognition[J]. Pattern Recognition Letters, 2007, 28(14):1907-1914.
- [21] WANG J, LIM E, CHEN X, et al. Real-time stereo face recognition by fusing appearance and depth fisherfaces[J]. Journal of VLSI Signal Processing, 2007, 49(3):409-423.
- [22] SUN T, CHEN M, LO S, et al. Face recognition using 2D and disparity eigenface[J]. Expert Systems with Applications, 2007, 33(2):265-273.
- [23] SUN T, TIEN F. Using back propagation neural network for face recognition with 2D + 3D hybrid information[J]. Expert Systems with Applications, 2008, 35(1/2):361-372.
- [24] MAURER T, GUIGONIS D, MASLOV I, et al. Performance of geometrix activeID TM 3D face recognition engine on the FRGC data[C]//2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2005.
- [25] MIAN A S, BENNAMOUN M, OWENS R A. Automatic 3D Face Detection, Normalization and Recognition[C]//Third Int'l Symp. 3D Data Processing, Visualization and Transmission. 2006:735-742.
- [26] BELHUMEUR P N, HESPANHA J P, KRIEGMAN D J. Eigenfaces versus fisherfaces; recognition using class specific linear projection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, 19(7):711-720.
- [27] LIU C, WECHSLER H. Gabor feature based classification using the enhanced fisher linear discriminant model for face recognition[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2002, 11(4):467-476.
- [28] DALAL N, TRIGGS B. Histograms of oriented gradients for human Detection[C]//IEEE Conference on Computer Vision & Pattern Recognition. 2005:886-893.

(上接第 243 页)

下面提供一组采用改进方案 2 增强的雾霾图片的对比,如图 7—图 10 所示。



图 7 增强之前



图 8 采用原始 Retinex 算法



图 9 采用改进方案 1 处理



图 10 采用改进方案 2 处理

经过 10 组仿真得到图像信息熵增量的平均值,如图 11 所示。

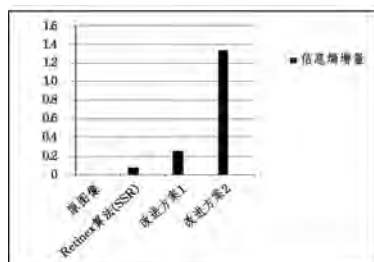


图 11 10 幅图像增强之后的信息熵平均增量

综上所述,改进算法是有效且可行的,尤其对于改进方案 2,图像的信息熵得到大幅增加,因此其能够很好地避免光晕

现象,也克服了 Retinex 对较亮图像处理不佳的问题,大幅提高了图像增强之后的质量,使图像的视觉效果得到明显改善。

结束语 本文针对 Retinex 算法在光照变化较大时出现光晕以及对较亮图像处理效果不佳的问题进行改进,实验结果表明,改进的增强算法较好地解决了光晕问题以及较亮图像处理效果不佳的问题,是一种鲁棒性较好的图像增强算法,为后续图像处理创造了良好的条件。

参考文献

- [1] 冈萨雷斯. 数字图像处理[M]. 阮秋琪, 阮宇智, 译. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [2] 宫微微. 雾天图像的复原技术研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2010.
- [3] 荣观澳. 计算机图像处理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [4] 刘家朋, 赵宇明, 胡福. 基于单尺度 Retinex 算法的非线性图像增强算法[J]. 上海交通大学学报, 2007, 41(5):685-688.
- [5] 黄晓军, 来彦栋, 陈奋. 快速去除单幅图像雾霾的算法[J]. 计算机应用, 2010, 30(11):3029-3031.
- [6] 王永国. 图像去雾算法及其应用研究[D]. 合肥: 安徽大学, 2010.
- [7] 沈丰, 赵宇明. 基于实时 Retinex 与双边滤波的图像增强算法[J]. 计算机应用与软件, 2009, 26(11):235-238.
- [8] 刘茜, 卢心红, 李象霖. 基于多尺度 Retinex 的自适应图像增强算法[J]. 工程图学学报, 2009, 29(8):2077-2079.
- [9] 陈雾. 基于 Retinex 理论的图像增强算法研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2006.
- [10] 肖燕峰. 基于 Retinex 理论的图像增强恢复算法研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2007.