

# 一种改进的暗原色单幅图像去雾方法

陈 瑶, 孙兴波, 黄 祥, 张 闯

(四川理工学院自动化与电子信息工程学院, 四川 自贡 643000)

**摘 要:**暗原色先验方法可以较好地处理单幅图像去雾,但对雾图像中的灰白区域处理效果不好。通过分析暗原色先验原理,得出了暗通道图像和雾的透射分布率以及雾的浓度系数的关系,提出了一种结合峰值信噪比和暗原色优先法则的去雾方法。由实验结果分析,该方法能够更清晰的表现去雾后图像的细节,并且一定程度上克服了原方法在处理图像中灰白区域效果不佳的弱点。

**关键词:**峰值信噪比;去雾;暗原色先验;透射分布率

**中图分类号:**TP391

**文献标志码:**A

## 引 言

雨雾天气条件常常会导致户外监控设备拍摄的图片质量退化,主要表现为对能见度低、颜色暗淡和比度差,等。这样将严重影响交通导航和对图像中目标的识别和提取,大大降低户外监控设备的性能。因此,对雨、雾等恶劣天气条件下拍摄出来的图像进行恢复是一项具有重要意义研究课题。

目前,对图像去雾的研究可以主要分为两类:基于图像增强的去雾方法和基于图像退化物理模型的去雾方法。前者主要是主观的处理,而后者主要是通过使用退化现象的先验知识来试图重建一幅因天气而退化的图像。典型的图像增强类去雾算法有直方图均衡化的方法、Retinex 理论的方法、以及结合小波变换理论的方法<sup>[1-3]</sup>。直方图均衡化的方法算法简单,能够一定程度上提高雾化图像的对比度,但是,该方法也会造成灰度级的损失,并且对于对比度很低、深度信息变化多样的雾化图像,这种方法就显得无能为力了。为此,詹翔等人通过计算图像的局部标准差来判断图像局部的增强程度,再进行灰度级拉伸对雾化图像进行局部方差的对比度增强<sup>[4]</sup>,但是该方法在计算图像局部方差时,是通过选定适当大小的滑动窗口,而滑动窗口大小的确定需要根据图像雾化的程度来人工确定,因此无法满足实时

性要求高的场合。文献[5]中根据雾化图像直方图的特点结合 Retinex 理论,采用 Retinex 多尺度(MSR)和正态截取拉伸的方法对雾化图像进行处理,该方法对薄雾的处理取得了较好的效果,然而,MSR 算法需要对多个尺度的处理结果进行加权平均,并且涉及大量卷积运算,使得整个过程比较耗时。文献[6]中通过确定雾天图像的阈值函数并结合小波变换的思想来增强雾化图像,由于该方法需要人为判断天空区域是否需要处理,这样操作起来比较复杂,并且对天空分割时采用高斯滤波的方法也会使灰度信息的丢失。基于图像退化物理模型的去雾方法主要是以大气调制函数为基础的,如文献[7]中提到的应用大气调制传递函数来复原天气退化图像,但是这些方法需要众多的先验知识,如:时间权值、温度、相对湿度、风速、大气散射和吸收系数等,这些数据通常难以准确获取,造成误差来源的增加。文献[8]应用暗通道优先的方法从雾化图像中求取透射分布率,该方法能够得到很好的去雾效果,但是对于处理图像中灰白区域的效果不佳。

针对上述问题,本文在暗原色优先的统计规律基础上,通过设定雾化图像雾的浓度系数初始值,再根据给定的步长增大雾的浓度系数来获得一组去雾后的图像,然后结合去雾前后图像的峰值信噪比(PSNR)来求取雾的透射分布率,从而更准确的估计出雾的浓度,最后由

收稿日期:2012-05-09

基金项目:四川省教育厅青年基金项目(08ZC0029);四川省自贡市科学技术研究项目(08C01);人工智能四川省高校重点项目(2011RY008)

作者简介:陈 瑶(1987-),男,湖北武汉人,硕士生,主要从事图像处理方面的研究,(E-mail) 273597552@qq.com

雾化图像的物理模型得到更清晰的复原图像。

## 1 暗原色优先的原理

暗原色优先的方法将去雾后图像描述为:

$$I(x) = J(x)t(x) + A(1 - t(x)) \quad (1)$$

式中,  $I(x)$  是雾化的图像;  $t(x)$  是天空中雾的透射分布率;  $A$  为天空的亮度值, 可以通过暗通道图像求取;  $J(x)$  是去雾后的图像。因此去雾的过程就是求解上述各参数的一道简单方程。

暗原色优先理论是通过大量户外自然图像的统计规律得出: 户外自然场景图像的三个颜色通道中至少有一个通道的颜色值比较低, 在经过暗原色优先处理后会变得更低, 但是如果存在较多的亮度较高的像素点, 那么就认为这些亮度来自天空中的雾气。暗原色图像可以定义为:

$$dark\_I = \min(\min I^c(x)) \quad (2)$$

其中,  $dark\_I$  为暗通道图像;  $c \in \{R, G, B\}$ ;  $x \in \alpha(x)$ 。天空的亮度  $A$  与初始透射分布率  $t_0(x)$  都可以由暗原色图像得到。

由于暗原色理论采用了局部分块的思想, 使得初始透射分布率存在比较明显的方块。因此, 文献[8]采用 Levin 等人的 Matting laplacian 矩阵<sup>[9]</sup>将初始透射图进行优化, 得到价值函数:

$$E(t) = \lambda \|t_0 - t\|^2 + t^T L t \quad (3)$$

将式(3)表示的二次型函数转化为求解线性方程组, 计算得到优化后的透射图  $t(x)$ , 因此我们便可以计算得到去雾后的图像  $J(x)$ 。

## 2 改进的暗原色单幅图像去雾方法

### 2.1 算法原理

图像的峰值信噪比是估计图像质量的主要参考量<sup>[9]</sup>, 它可以描述为:

$$PSNR = 20 \log_{10} \left( \frac{255}{RMSE} \right) \quad (4)$$

其中 RMSE 为标准差, 且

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum [I(i,j) - J(i,j)]^2}{m * n}} \quad (5)$$

其中,  $I(i,j)$  为雾化图像,  $J(i,j)$  为经过暗原色处理后的图像。  $m, n$  为图像的尺寸。由文献[9]以及暗原色图像公式(2)知, 天空的亮度可以描述为:

$$A = \max(\max(dark\_I)) \quad (6)$$

天空中雾的透射分布率可以描述为:

$$t(x) = 1 - \omega \times \left( \frac{dark\_I}{A} \right) \quad (7)$$

式中  $\omega$  为雾化图像中雾的浓度系数, 且  $\omega \in (0, 1)$ 。

本文通过设定雾的浓度系数初值, 然后根据给定的步长增大  $\omega$ , 代入到公式(7)中得到一组透射分布率, 结

合公式(6)、(7)、和(1)即可得到一组去雾后的图像  $J(x)$ , 然后由公式(4)得到一组去雾前后图像  $I(x)$  和  $J(x)$  的峰值信噪比  $PSNR$ , 在增大  $\omega$  的过程中, 如果峰值信噪比增长小于 0.01 或者开始下降, 则停止增加  $\omega$ , 而此时的  $\omega$  即可认为该雾化图像的雾的最佳浓度, 输出由估计的最佳雾浓度  $\omega$  对应的去雾后的图像。最后, 计算本文算法与文献[9]的去雾后图像的平均梯度, 比较结果表明: 本文算法所得的平均梯度更大, 而平均梯度反映了图像对细节的表达能。因此, 本文的算法能够更清晰的表现去雾后图像的细节, 并且对图像中的灰白区域也有较好的效果。

### 2.2 算法步骤

本文算法流程如图 1 所示, 其步骤描述如下:

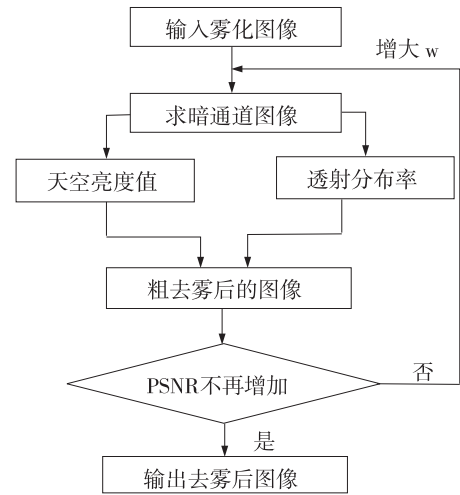


图 1 算法流程图

(1) 由  $dark\_I = \min(\min I^c(x))$ , 得到暗通道图像  $dark\_I$ ;

(2) 由公式  $A = \max(\max(dark\_I))$  计算天空的亮度值;

(3) 设定雾化图像中雾的浓度  $\omega$  的初始值, 随着  $\omega$  的增大, 雾的浓度也会随之增大, 且  $\omega \in (0, 1)$ ;

(4) 由  $t(x) = 1 - \omega \times \left( \frac{dark\_I}{A} \right)$  计算天空中雾的透射分布率  $t(x)$ ;

(5) 建立去雾后的图像模型:

$$J(x) = \frac{I(x) - A(1 - t(x))}{t(x)} \quad (8)$$

(6) 根据步骤(5)中的公式计算得到去雾后的图像  $J(x)$ , 并由公式(4)计算  $PSNR$ ;

(7) 设定  $\omega$  的步长(本文为 0.1), 增大  $\omega$ , 重复步骤(4)、(5)、(6)得到一组新的去雾后的图像  $J_1(x)$ , 及对应  $PSNR_1$ ;

(8) 若信噪比停止增长, 则输出对应的雾的浓度  $\omega$  和透射分布率  $t(x)$  的去雾后图像  $J(x)$ , 否则重复步骤(7)。

通过上步骤可以看出,本文通过引入峰值信噪比(PSNR),结合暗原色先验理论来估计雾化图更加清晰。

### 3 仿真结果分析与比较

图2显示了本文的算法和原暗原色优先去雾算法<sup>[9]</sup>的效果。

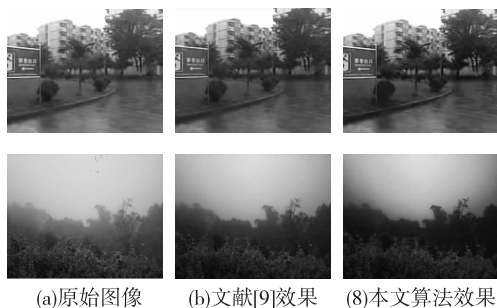


图2 实验仿真效果

从图2中可以很明显的看出,本文的算法在视觉效果上比原算法更佳,特别是图像中的灰白区域(接近天空的颜色),并且,本文的算法能够更清晰的表现图像的细节信息。

因为平均梯度能够客观反映图像的清晰度,平均梯度的公式为:

$$G = \sqrt{\frac{[I(i+1,j) - I(i,j)]^2 + [I(i,j+1) - I(i,j)]^2}{2 \cdot m \cdot n}} \quad (9)$$

其中,  $I(i,j)$  为去雾后的图像;  $m, n$  为图像的尺寸。为了定量说明这一结论,通过计算并比较本文的算法和文献<sup>[9]</sup>的暗原色优先算法的平均梯度的值,比较结果如表1所示。从表1中可看出本文算法的平均梯度比原暗原色先验算法<sup>[9]</sup>大0.2以上。

表1 两种算法去雾后平均梯度值 G

算法	图2	图3	梯度差 $\Delta G$
文献 <sup>[9]</sup> 算法	4.9853	3.2799	0.2069
本文算法	5.1922	3.5645	0.2855

### 4 结束语

本文在暗原色优先理论的基础上,引入峰值信噪比的概念,从而能够更精确的估计出雾化图像中雾的浓度,最后通过计算并比较本文算法和文献<sup>[9]</sup>暗原色算法的平均梯度也表明,本文的算法能够更好的表现图像的细节。并且本文的算法在对图像中灰白区域的处理上的视觉效果也较原算法更佳。

### 参考文献:

- [1] 郭鹏,杨平先,刘雨.一种改进的全局 Retinex 监控视频图像增强方法[J].四川理工学院学报:自然科学版,2010,23(6):716-718.
- [2] 高仕龙.一种基于小波变换和直方图均衡的图像增强方法[J].西华大学学报:自然科学版,2007,26(3):54-56.
- [3] 樊玉梅,刘远仲,曾黄麟.一种基于粗集理论对雾天图像增强的研究[J].四川理工学院学报:自然科学版,2011,24(5):541-544.
- [4] 詹翔,周焰.一种基于局部方差的雾天图像增强方法[J].计算机应用,2007,27(2):510-512.
- [5] 芮义斌,李鹏,孙锦涛.一种图像去薄雾方法.计算机应用[J].计算机应用,2006,26(1):155-156.
- [6] 马云飞,何文章.基于小波变换的雾天图像增强方法[J].计算机应用与软件,2011,28(2):71-73.
- [7] 王挥,刘晓阳.利用大气调制传递函数复原天气退化图像[J].沈阳航空工业学院学报,2006,23(5):94-96.
- [8] He Kaiming, Sun Jian, Zhou Xiaou. Single image haze removal using dark channel prior[C]. Proc of IEEE CVPR'09. Washington: IEEE Computer Society, 2009.
- [9] Levin A, Lischinski D, Weiss Y. A closed form solution to natural image matting[C]. Proc of IEEE CVPR'06. Washington: IEEE Computer Society, 2006.

## Method of Single Image Removal Based on Improved Dark Channel Priority

CHEN Yao, SUN Xing-bo, HUANG Xiang, ZHANG Chuang

(School of Automation and Electronic Information, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

**Abstract:** Though the method of dark channel priority achieves meaningful results in the process of single image removal, it doesn't work well in the treatment of the gray area in images. According to the analysis of the principle of the dark channel priority, the relation among dark channel image, the transmission distribution rate of the haze and the coefficient of the haze concentration is given. A haze removed method is proposed which combined the Peak Signal to Noise Ratio(PSNR) with the rule of the dark channel priority. This method is proved to present the haze removal image detail more distinct and overcome the weaknesses of the original method in the processing of the gray area in images to some extent by the analyse of the experimental result.

**Key words:** peak signal to noise ratio; dehaze; dark channel priority; transmission distribution rate