

# 暗原色先验图像去雾改进算法

宋得成<sup>1,2</sup>,徐国庆<sup>1,2\*</sup>,鲁建勇<sup>1,2</sup>

1. 武汉工程大学计算机科学与工程学院, 湖北 武汉 430205;

2. 智能机器人湖北省重点实验室(武汉工程大学), 湖北 武汉 430205

**摘要:**针对含雾图像的去雾增强问题,提出基于环境光调节参数的暗通道去雾改进算法,该算法考虑到使用暗原色先验算法在图像中含有较多的类似大气等场景时,会降低图像的去雾效果。首先,在含雾图像中暗原色去雾统一框架中引入环境光调节容差参数,在去雾过程中引入背景因素变化。其次,通过修正参数重新推导出准确透射率函数,并讲其应用于更新的去雾方程。最后,结合对含雾图像一本的统计,获取去雾算法的最优调节参数,该参数可以较好地适应大气环境的影响,在背景变化时可以实现对去雾效果的自适应处理。实验表明,算法可以在去雾过程结合环境背景因素的变化,在天空前景交界处能够明显改进图像去雾的效果。

**关键词:**图像处理;图像去雾;暗原色先验;可视化

**中图分类号:** TB35

**文献标识码:** A

**doi:** 10.3969/j.issn.1674-2869.2014.012.013

## 0 引言

在含雾图像中如何有效去除雾影响,增强图像的视觉效果是一个热点问题。研究人员提出了很多有效的算法<sup>[1-6]</sup>,暗原色先验<sup>[7-10]</sup>基于一种简单但是有效的图像先验规律——暗原色先验实现单幅输入图像去雾。在自然场景图像中,存在这样一个统计规律:在户外图像中的局部区域像素的三个颜色通道中,至少有一个通道的亮度值为一个较低的数值,将其定义为暗通道。通过定义暗通道,可以建立按原色先验的图像模型,并估算图像中的雾成分,从而从含雾图像中复原出原始图像。

通过对比几种去雾算法,尽管暗原色先验在时间上和效果上有很明显的改进,但是由于暗原色先验是一种统计的结果,其前提是对大量户外无雾照片进行统计综合的结果。如果目标场景内存在大气光类似场景环境,比如雪地、白色背景墙、大海等,此时使用该算法一般无法获得满意的效果。soft matting 方法可以获得更为精细的透射率图,但是其不足在于运算效率较低,不能实时实现,导向滤波能够获得较精确的透射率图,在运算上大大提高了运算的速度。

本文通过在暗原色先验中引入大气环境容差系数,调整明亮区域的透射率函数,估计出透射率自适应环境参数,在含雾图像中获得了较好的去雾效果。

## 1 算法介绍

大气光照模型可以通过下式进行描述:

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

其中, $I(x)$ 为含雾图像, $J(x)$ 为待恢复的无雾图像, $A$ 为全局大气光, $t(x)$ 为大气透射率。去雾的目标即在已知 $I(x)$ 时要求目标值 $J(x)$ 。将(1)式变形为:

$$\frac{I^c(x)}{A^c}=t(x)\frac{J^c(x)}{A^c}+(1-t(x)) \quad (2)$$

如上所述,上标 $C$ 表示RGB三个通道的意思。

对于任意的输入图像 $J$ ,其暗通道可以用下式表达:

$$J^{dark}(x)=\min_{y \in \Omega(x)}(\min_{c \in \{r,g,b\}} J^c(y)) \quad (3)$$

式(3)中 $J^c$ 表示彩色图像的每个通道, $\Omega(x)$ 表示以像素 $x$ 为中心的一个窗口。对输入的RGB图

收稿日期:2014-11-8

基金项目:湖北省自然科学基金项目(2014CFB786);湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队计划项目(T201206);

湖北省大学生创新创业计划项目(201410490034);湖北省教育厅深入企业行动计划项目(XD2014146);

武汉工程大学科研基金项目(12126021);武汉工程大学校长基金项目(2014062)。

作者简介:宋得成(1994-),男,湖北襄阳人,研究方向:模式识别,人机交互。\*通信联系人。

像,求出每个像素 RGB 分量中的最小值,存入一副和原始图像大小相同的灰度图中获得暗通道图像.对该图进行最小值滤波,其中滤波的半径  $R$  由窗口  $W$  决定,一般有

$$W=2R+1$$

首先假设在每一个窗口内透射率  $\tilde{t}(x)$  为常数,定义为,参数  $A$  值在通常情况下可以视为图像中的天空颜色,一般可以取为一个常数,对式(2)两边求两次最小值运算,得到

$$\min_{y \in \Omega(x)} \left( \min_c \frac{I^c(y)}{A^c} \right) = \tilde{t}(x) \min_{y \in \Omega(x)} \left( \min_c \frac{I^c(y)}{A^c} \right) + 1 - \tilde{t}(x) \quad (4)$$

式(4)中,  $J$  是待求的无雾的图像,根据前述的暗原色先验理论有

$$J^{dark}(x) = \min_{y \in \Omega(x)} \left( \min_c J^c(y) \right) = 0 \quad (5)$$

因此,可推导出

$$\min_{y \in \Omega(x)} \left( \min_c \frac{J^c(y)}{A^c} \right) = 0 \quad (6)$$

把式(6)带入式(4)中,得到

$$\tilde{t}(x) = 1 - \min_{y \in \Omega(x)} \left( \min_c \frac{I^c(y)}{A^c} \right) \quad (7)$$

这就是透射率的预估值.于是恢复的无雾图像可以表示为

$$J(x) = (I(x) - A) / \tilde{t} + A \quad (8)$$

## 2 改进算法

在现实生活中,即使是晴天白云,空气中也存在一些颗粒,因此,看远处的物体还是能感觉到雾的影响,另外,雾的存在让人类感到景深的存在,因此,有必要在去雾的时候保留一定程度的雾,这可以通过在式(7)中引入一个在(0,1)之间的因子修正为

$$\tilde{t}(x) = 1 - \omega \min_{y \in \Omega(x)} \left( \min_c \frac{I^c(y)}{A^c} \right) \quad (9)$$

当投射图  $t$  的值很小时,会导致  $J$  的值偏大,从而使图像整体向白场过度,因此一般可设置一阈值  $T_0$ ,当  $t < T_0$  时,令  $t = T_0$ ,本文中所有效果图均以  $T_0 = 0.1$  为标准计算.

最终的恢复公式如下

$$J(x) = \frac{I(x) - A}{\max(\tilde{t}(x), t_0)} + A \quad (10)$$

由公式(4)可以得到,在不考虑按原色先验统

计假设时,其透射率为

$$t_{actual}(x) = \frac{1 - \min_c \left( \min_{y \in \Omega(x)} \frac{I^c(y)}{A^c} \right)}{1 - \min_c \left( \min_{y \in \Omega(x)} \frac{J^c(y)}{A^c} \right)} \quad (11)$$

式(11)中,分母不为零,分子小于1,则实际的透射率小于算法所求.对于含雾引起的图像失真,可以通过调整明亮区域的透射率,使估计的  $\tilde{t}(x) \rightarrow t_{actual}(x)$ . 基于此,引入容差参数  $K$ ,对于明亮区域  $|I - A| < K$ ,则对透射率进行更新,而暗原色区域  $|I - A| > K$ ,则不做处理.取容差为0,可以将算法进行改进,得到

$$J(x) = \frac{I(x) - A}{\min(\max(\frac{K}{(I(x) - A)}, 1) \cdot \max(\tilde{t}(x), t_0), 1)} + A \quad (12)$$

## 3 结果与讨论

窗口的大小直接影响到去雾的结果,窗口越大,其包含暗通道的概率越大,暗通道也就越明显,去雾的效果越不明显.但是通过大量的实验发现使用该算法处理结果有很多与原图相离,甚至是造成了图像失真.

由于空气环境不同,大气、光等都会对结果产生影响,通过前一节实验算法是由于前面算法中的一些固定参数取值所影响.要搜索的是最佳滤波半径的值.虽然不同的图片不同的环境应对不同的滤波半径,但是在大量的实验下仍可以找到一个较为均衡的值作为最佳滤波半径.将图片用其灰度图引出透视图,进而得到每张图的透视图,然后进行大量的运算,将滤波半径的阶差缩小到0.1,得到了近1000个数据.图1显示了在实验集上透射率与滤波半径的变化曲线.

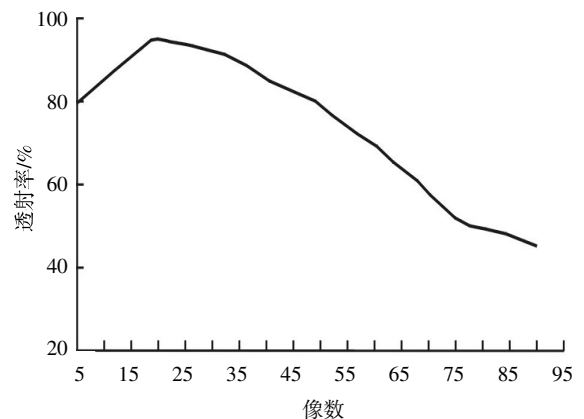


图1 透射率与滤波半径分析图

Fig.1 Transmittance of the filter radius analysis chart

从图 1 中可以看出当像数在 20~25 之间偏向于 20 的一个值时其透射率最高,意味着图片去雾效果最佳.

由图 2 可以看出,改进算法之后,去雾图片在视觉效果上有所增强,尤其是公路与天交接处,天空的模糊阴影也几乎消失.



图 2 算法对比(从上到下依次为原图、原算法、本文算法)

Fig.2 The algorithm result(top through bottom: original image, original algorithm, our algorithm)

图 3 将本文提出的算法与 He<sup>[8]</sup> 算法进行对比,可以看出,本文提出的算法在天空与场景主体交界处可以获得较为清晰的边界细节效果.



图 3 算法对比(原始图像、He 的方法、本文算法)

Fig.3 The algorithm result(original image, he's algorithm, our algorithm)

## 4 结 语

在图像去雾中有很多方法可选择,在暗通道去雾方法使用的模型中既定参数的修改直接影响到对图片去雾效果.通过实验选择最佳滤波参数,可以在图像中含有较为明显的环境光照影响时获得较为理想的去雾效果.如何动态确定滤波参数,实现在图像去雾过程中自动选择最佳参数是下一步工作的主要方向.

## 致 谢

本文得到湖北省自然科学基金项目、湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队计划项目、湖北省大学生创新创业计划项目、湖北省教育厅深入企业行动计划项目、武汉工程大学科研基金项目、武汉工程大学校长基金项目的资助,在此衷心表示感谢.

## 参考文献:

- [1] 蒋建国,侯天峰,齐美彬.改进的基于暗原色先验的图像去雾算法[J].电路与系统学报,2011,16(2):7-12.  
JIANG Jian-guo, HOU Tian-feng, QI Mei-bin. Improved algorithm on image haze removal using dark channel prior [J]. Journal of Circuits and systems. 2011, 16(2): 7-12. (in Chinese)
- [2] 陈建鹏,毕笃彦,张晟翀.基于暗通道理论快速单幅图像去雾算法[J].计算机工程与设计,2014,34(4):2047-2051.  
CHEN Jian-peng, BI Du-yan, ZHANG Sheng-chong. Fast haze removal algorithm using dark channel prior[J]. Computer Engineering and Design. 2014, 34(4): 2047-2051. (in Chinese)
- [3] 郭瑶,蔡自兴,谢冰.图像去雾技术研究综述与展望[J].计算机应用,2010,30(9):2417-2421.  
GUO Fan, CAI Zi-xing, XIE Bin. Review and prospect of image dehazing techniques[J]. Journal of computer applications. 2010, 30(9): 2417-2421. (in Chinese)
- [4] 禹晶,李大鹏,廖庆敏.基于物理模型的快速单幅图像去雾方法[J].自动化学报,2011,37(2):143-149.  
YU Jing, LI Da-peng, LIAO Qing-min. Physics-based fast single image fog removal [J]. Acta automatica sinica. 2011, 37(2): 143-149. (in Chinese)
- [5] LV X Y, CHEN W B, Shen I F. Real-Time Dehazing for Image and Video [EB/OL]. Proceedings of 18th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications, 2010. //http://www.cad.zju.edu.cn/Project/Projectapplication/166.html.2010-9-25.
- [6] 禹晶,徐东彬,廖庆敏.图像去雾技术研究进展[J].中

- 国图像图形学报, 2010, 16(9): 1563–1576.
- YU Jing, XU Dongbin, LIAO Qingmin. Image defogging: a survey[J]. Journal of Image and Graphics. 2010, 16(9): 1563–1576. (in Chinese)
- [7] 胡伟, 袁国栋, 董朝. 基于暗通道优先的单幅图像去雾新方法[J]. 计算机研究与发展. 2013, 47(12): 2132–2140.
- HU Wei, YUAN Guodong, DONG Zhao. Improved single image dehazing using dark channel prior. Journal of computer research and development. 2013, 47(12): 2132–2140. (in Chinese)
- [8] HE Kaiming. Single Image Haze Removal Using Dark Channel Prior[D]. Hong Kong: The Chinese University of Hong Kong, 2011.
- [9] He Kaiming, Jian Sun and Xiaoou Tang. Guided Image Filtering [EB/OL]. /http://www.cvpapers.com/cvpr2010.html. 2010: 01–10.
- [10] He K, Sun J, Tang X. Single image haze removal using dark channel prior [EB/OL]. http://cvpapers.com/cvpr2009.utml. 2009: 10–08.

## Improved image defogging based on priori dark color

*SONG De-cheng<sup>1,2</sup>, XU Guo-qing<sup>1,2</sup>, LU Jian-yong<sup>1,2</sup>*

1. School of Computer Science and Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China; Hubei Key Laboratory of Intelligent Robot (Wuhan Institute of Technology), Wuhan 430205, China

**Abstract:** To improve the low visibility and poor contrast of fog images, a new simple but effective image defogging algorithm based on dark channel prior algorithm was proposed. Firstly, based on the statistical analysis of the images containing fog, a physical-based parameter model was presented. Secondly, the parameter was used to modify the accurate transmittance function, and the fog equation was applied to the updated algorithm. Finally, the atmospheric light was estimated based on the statistical parameter. And the haze was removed effectively through the parameter. Experiments show that the algorithm can be combined with the change of environment factors in the defogging process. In the junction area of the sky and prospects, the haze can be obviously removed. In comparison with the traditional image defogging algorithm, the proposed method achieves faster and more natural effectiveness.

**Keywords:** image processing; haze removal; dark channel prior; visibility

本文编辑: 陈小平