现代计算机技术与应用
2019 年 11 月第 1 卷第 1 期

Multi-scale Retinex Algorithm to Evaluate the Fogging Effect in Different Color Space Images

Cui Qianqian* Li Ruiyang

School of Information Engineering, Xijing University, Xi'an

Abstract: Due to the frequent occurrence of haze in recent years, the collection of outdoor images has caused some problems. Image defogging has become a new hot topic. First, Retinex algorithm is studied for fog removal, and four color Spaces commonly used in image processing, including RGB, HSV, RGB and YCbCr, are introduced. HSV, RGB, YCbCr color images are only used for brightness component defogging, which picks up the speed. Then, Information Entropy, Contrast, average Luminance and average Gradient that the four indicators are given to evaluate image after fog removal. Finally, Retinex algorithm has the best effect to remove fog in YCbCr color space.

Key words: Retinex; Defogging; YCbCr

Received: 2019-10-12; Accepted: 2019-10-23; Published: 2019-10-29

文章引用：崔倩倩，李瑞洋．多尺度 Retinex 算法在不同彩色空间图像去雾效果评估［J］．现代计算机技术与应用，2019，1（1）：1–10.
https://doi.org/10.35534/mcta.

多尺度 Retinex 算法在不同彩色空间图像去雾效果评估

崔倩倩 * 李瑞洋

西京学院信息工程学院，西安

邮箱：18810186387@163.com

摘　要：由于近年来雾霾频发，对于室外图像的采集造成一定困扰。图像去雾成为新的热点话题。本文针对图像去雾，首先研究了 Retinex 算法，并介绍了图像处理中常用的 RGB、HSV、RGB、YCbCr 这 4 种颜色空间。对 HSV、RGB、YCbCr 这 3 种颜色图像只进行亮度分量去雾，加快了速度。同时给出了信息熵（Entropy）、对比度（Contrast）、平均亮度 (Luminance)、平均梯度 (Gradient)4 个指标对去雾后的图像进行评价。最后得出结论，Retinex 算法在 YCbCr 颜色空间中去雾的效果最佳。

关键词：Retinex；去雾；YCbCr

收稿日期：2019-10-12；录用日期：2019-10-23；发表日期：2019-10-29

Copyright © 2019 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0

International License.
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

1 引言

随着科学技术的进步，人们拍摄的图像质量也越来越好。但是雾霾现象的频发，导致图像质量退化、特征被覆盖，无法识别提取出图像的特征。因此需要对去雾技术进行深入探讨［1］［2］［3］。图像去雾增强技术能有效提高雾天图像的对比度，增强图像的细节，改善图像的视觉效果，适用性广。目前经典算法包括直方图均衡化［4］［5］［6］、同态滤波［7］、小波变换［8］、Retinex 算法等。

19 世纪 60 年代，Land［9］首次提出了 Retinex 算法。Jobson［10］等人完善并发展了 Retinex 理论。从最初的中心环绕算法，发展为单尺度 Retinex 算法(SSR 算法）、多尺度加权平均的 Retinex 算法［11］［12］（MSR 算法）。

2 Retinex 理论简介

Retinex 理论认为人眼感知到的物体表面颜色与自然光属性关系不大，主要与物体表面的反射性质有关。一幅图像可以表示为：

$$S(x,y)=R(x,y)L(x,y) \tag{1}$$

式中，$S(x,y)$ 为原图像；$R(x,y)$ 为反射图像，由物体表面的反射性质决定；$L(x,y)$ 为亮度图像，表示入射光。

Retinex 理论的目的是为了从原始图像中得到反射图像，进而还原出图像的原始面貌。

3 MSR 算法

Retinex 理论的 SSR 算法的公式：

$$r_i(x,y)=\log S_i(x,y) - \log[F(x,y)S_i(x,y)] \tag{2}$$

https://doi.org/10.35534/mcta.

式中，$r_i(x,y)$ 表示第 i 个颜色通道的输出；$S_i(x,y)$ 为原始图像分布；$F(x,y)$ 为环绕函数，用环绕函数与原图像的卷积估算图像的亮度值。

中心环绕函数为：

$$F(x,y)=ke^{\frac{-(x^2+y^2)}{c^2}} \tag{3}$$

式中，k 为归一化因子；c 为尺度参数，直接决定着 SSR 算法的处理效果。当 c 取值较小时，SSR 算法动态压缩能力强，可以得到图像阴暗细节，但伴随着颜色失真。当 c 取值较大时，SSR 算法的动态压缩能力减弱，图像色彩也出现失真。

为了弥补 SSR 算法的不足，MSR 算法采用了加权平均，表示为：

$$r_i(x,y)=\sum_{n=1}^{N} w_n\{\log S_i(x,y)-\log[F_n(x,y)S_i(x,y)]\} \tag{4}$$

式中，N 为尺度个数，通常取 $N=3$；w_n 为每个尺度所占的权值，满足 $\sum_{n}^{N} w_n=1$；$F_n(x,y)$ 为环绕函数：

$$F_n(x,y)=k_n e^{\frac{-(x^2+y^2)}{c_n^2}} \tag{5}$$

MSR 算法可以弥补 SSR 算法的不足。一般取小、中、大三个尺度加权，通常取值为 5，120，240。小尺度可以实现图像的动态范围压缩，大尺度可以实现图像的色彩复原，中尺度兼顾二者。

4 颜色空间介绍

4.1 RGB 空间

RGB [13] [14] 色彩模式是最常用的一种模式，通过将红 (R)、绿 (G)、蓝 (B) 三个通道之间相互叠加得到不同的颜色。RGB 颜色空间几乎包括了人眼所能感知到的所有颜色，是目前运用最广的颜色系统之一。

4.2 HSV 空间

HSV 模型如图 1 所示。模型图类似于圆锥，其中绕垂直中轴线的表示色调 (Hue)，到中轴线的距离表示饱和度 (Saturation)，从中轴底端到顶端的距离表示亮度 (Value)。从下图可以看出来，色调 H 的取值范围为 0 ~ 360，红色、绿色、

蓝色依次为 0 度、120 度、240 度。饱和度 S 取值范围为 0 ~ 1，表示颜色接近光谱色的程度。当 S 取值接近 1 时，表示该颜色越接近光谱色，饱和度高。颜色中的白色成分减少，颜色深而且艳丽。

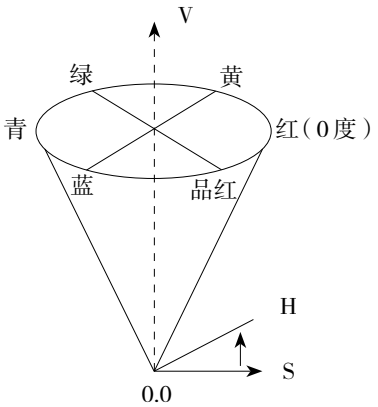

图 1　HSV 颜色模型

Figure 1　HSV color model

RGB 转换到 HSV 空间的公式如下：

$$V=\max\{R,G,B\} \tag{6}$$

$$S=\frac{V-\min\{R,G,B\}}{V} \tag{7}$$

$$H=\begin{cases}\dfrac{G-B}{60(V-\min)}, & R=V\\ \dfrac{120+(B-R)}{60(V-\min)}, & G=V\\ \dfrac{240+(R-G)}{60(V-\min)}, & B=V\end{cases} \tag{8}$$

4.3　LAB 空间

LAB 颜色模型弥补了 RGB 色彩模式的不足。LAB 颜色模型由三个要素组成，一个要素是亮度（L），A 和 B 是两个颜色通道。A 是从深绿色（低亮度值）到灰色（中亮度值）再到亮粉红色（高亮度值）；B 是从亮蓝色（低亮度值）到灰色（中亮度值）再到黄色（高亮度值）。因此，这种颜色混合后将产生具有明亮效果的色彩。

RGB 颜色空间不能直接转换为 LAB 颜色空间，需要借助 XYZ 颜色空间，

https://doi.org/10.35534/mcta.

把 RGB 颜色空间转换到 XYZ 颜色空间，之后再把 XYZ 颜色空间转换到 Lab 颜色空间。公式如下：

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \tag{9}$$

$$\begin{aligned} L &= 116 f(Y/Y_n) - 16 \\ a &= 500 \left[f(X/X_n) - f(Y/Y_n) \right] \\ b &= 200 \left[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n) \right] \end{aligned} \tag{10}$$

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & \text{if } t > \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ \frac{1}{3}\left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{4}{29} & \text{otherwise} \end{cases} \tag{11}$$

4.4 YCbCr 空间

YCbCr 中，Y 为颜色的亮度 (luma) 成分，而 Cb 和 Cr 则为蓝色和红色的浓度偏移量成份。在通过对色度分量进行子采样来减少分量后，人眼将察觉不到的图像质量的变化。人的肉眼对图像的 Y 分量更敏感，所以对亮度进行去雾处理。

RGB 空间转换到 YCbCr 空间公式为：

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.257 & 0.564 & 0.098 \\ -0.148 & -0.291 & 0.439 \\ 0.439 & -0.368 & -0.071 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \tag{12}$$

5 图像评价

为了评价多尺度 Retinex 算法在 4 种不同颜色空间下的图像去雾质量，需要建立一个评价标准。图像质量评价体系尚不完整，目前没有科学的、权威的评价标准。多数情况下仍是采用主观的目测法进行图像测量。但是主观性较强，说服力不够。所以采用信息熵(Entropy)、对比度(Contrast)、平均亮度 (Luminance)、平均梯度 (Gradient) 这 4 个指标来评估去雾图像。

图 2 为原始图像，图 3、4、5、6 依次为 RGB、HSV、LAB、YCbCr 颜色空间中去雾图像。从主观评价来看，Retinex 算法在 4 种颜色空间都取得了不错的去雾效果，但是在 RGB 颜色空间图像泛红，图像色彩失真严重。HSV 空间图像整体亮度较低。LAB、YCbCr 颜色空间使图像提高了亮度。

图 2　原始图像

Figure 2　The Original Image

图 3　RGB 空间

Figure 3　RGB Space

图 4　HSV 空间

Figure 4　HSV Space

图 5　LAB 空间

Figure 5　LAB Space

https://doi.org/10.35534/mcta.

图 6　YCbCr 空间

Figure 6　YCbCr Space

表 1 显示，Entropy 越大，图像信息量越大，YCbCr 信息熵最大；Contrast 越大，细节越突出，YCbCr 对比度相对最大；同时，YCbCr 的平均梯度也是最大。YCbCr 的平均亮度并不是最大，但是合理的控制了图像的失真。Retinex 算法在 YCbCr 颜色空间中去雾效果最好。

表 1　4 种颜色空间指标对比

Table 1　Four kinds of color space index contrast

	Entropy	Contrast	Luminance	Gradient
原始图像	6.9961	15.4524	90.3218	1.9143
RGB	6.9852	17.6040	180.9085	2.0541
HSV	7.3900	23.0239	119.1910	2.4803
LAB	6.9830	18.8743	183.8113	2.0901
YCbCr	7.4424	30.7063	169.4805	2.8601

6　结语

本文针对雾霾图像，首先介绍了 Retinex 算法。然后介绍了 RGB、HSV、LAB、YCbCr 4 种颜色空间。最后通过对比 Retinex 算法在这 4 种颜色空间的去雾效果，对比得出在 YCbCr 颜色空间的去雾效果优于其他 3 种颜色空间。由于在 YCbCr 颜色空间只对亮度分量进行了处理，极大地节省了时间。去雾后的图像提高了图像对比度，增强了细节信息，图片的视觉效果改善。

参考文献

［1］郭彭辉，等．图像去雾技术及其应用［M］．机械工业出版社，2016．

［2］王奕权．图像去雾与图像增强算法研究［D］．南京邮电大学，2015．

[3] 苏强．单张图像高速去雾增强算法研究［D］．2016.

[4] 詹翔，周焰．一种基于局部方差的雾天图像增强算法［J］．计算机应用，2007，27（2）：510–512.

[5]王萍，张春，罗颖昕．一种雾天图像对比度增强的快速算法[J]．计算机应用，2006，26（1）：152–154.

[6] 祝培，朱虹，钱学明，等．一种有雾天气图像景物影像的清晰化方法［J］．中国图象图形学报，2004，9（1）：124–128.

[7] Seow M J，Asari V K．Ratio rule and homomorphic filter for enhancement of digital colour image ［J］．Neurocomputing，2006，69（7）：954–958. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2005.07.003

[8] Russo F．An image enhancement technique combining sharpening and noise reduction［J］．IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement，2002，51（4）：824–828．https://doi.org/10.1109/TIM.2002.803394

[9] Land E H，Mccann J J．Lightness and Retinex Theory［J］．Journal of the Optical Society of America，1971，61（1）：1–11. https://doi.org/10.1364/JOSA.61.000001

[10] Jobson D J，Rahman Z，Woodell G A．Properties and performance of a center/surround retinex［J］．IEEE Transactions on Image Processing A Publication of the IEEE Signal Processing Society，1997，6（3）：451–62. https://doi.org/10.1109/83.557356

[11] 王新竹，吕绪良，李凌，等．一种基于 Retinex 算法和小波变换的图像增强方法［J］．装备制造技术，2018（9）：72–76.

[12] 张驰，谭南林，李响，等．基于改进型 Retinex 算法的雾天图像增强技术［J］．北京航空航天大学学报，2019，45（2）.

[13] Murahira K，Taguchi A．Hue–preserving color image enhancement in RGB color space with rich saturation［C］// Intelligent Signal Processing and Communications Systems （ISPACS），2012 International Symposium on IEEE，2012．https://doi.org/10.1109/ISPACS.2012.6473493

［14］Ren C C，Yang J G. A novel color microscope image enhancement method based on HSV color space and curvelet transform［J］. International Journal of Computer Science Issues，2012，9（2）：272– 277.