

# 图像去雾算法

基于暗原色先验的单一图像去雾方法

# 数字图像处理技术

- 数字图像处理是为了能够让图像很好地满足人眼视觉需求或者很好地被计算机视觉输入设备所识别，借助计算机对数字图像进行处理的过程。
- (1) 图像数字化：
  - 通过各种设备获取的图像因为是连续的不能直接交予计算机进行处理，所以处理之前需要对其进行数字化处理，也就是说用一个数值矩阵来表示图像。图像采样后一个采样点称为一个像素，每个像素有位置和灰度两个属性，对所有像素都进行数字化后，图像就变成一个数值矩阵，该矩阵可作为计算机的处理对象。通过图像采样用一个数值矩阵来表示图像

# 数字图像处理技术

- (2) 图像变换：
  - 图像数字化处理后用数值矩阵表示，**矩阵的大小通常很大**，如果直接把图像在空间域进行操作，处理时需要用到的计算很多，很**耗时**。为解决这个问题，可以借助图像变换的方式，采用一些间接处理技术如**傅立叶变换、沃尔什变换、离散余弦变换**等，将空域处理变为频域处理，这样既可以达到计算量减少的效果，获得的处理也更为有效。
- (3) 图像增强：
  - 提高图像质量的有效方法之一是图像增强。图像增强既能是**提高图像视觉**质量，如提高图像的对比度、提高图像的清晰度，削去噪声对图像的影响等；又能让图像更好地被机器所识别，使图像得到更好的机器视觉处理。

# 数字图像处理技术

- (4) 图像复原技术
  - 图像复原技术是根据图像降质的原因建立图像的退化模型，反演图像退化过程，并据此补偿退化过程造成的图像失真，从而恢复出没有退化的图像或者是图像的最理想状态，使得图像的质量得到改善。
- (5) 图像编码技术
  - 图像处理时图像的数据量（即比特数）如果比较大的话，可以采用图像编码压缩技术，利用此技术可以将图像传输处理时间缩短，还可以减少处理所需要的存储器容量。

# 数字图像处理技术

- (6) 图像分割技术
- 图像分割是获取图像中对分析有意义的重要部分，这些部分包括图像中的边缘、区域等，获取图像的重要特征是为了给后续的图像识别和分析做奠基。



# MATLAB 软件介绍

- 特点：
  - 1) 高效的数值计算及符号计算功能，能使用户从繁杂的数学运算分析中解脱出来；
  - 2) 具有完备的图形处理功能，实现计算结果和编程的可视化；
  - 3) 友好的用户界面及接近数学表达式的自然化语言，使学者易于学习和掌握；
  - 4) 功能丰富的应用工具箱(如信号处理工具箱、通信工具箱等)，为用户提供了大量方便实用的处理工具。

# MATLAB 软件介绍

- 应用：
- MATLAB 的应用范围非常广，包括信号和图像处理、通讯、控制系统设计、测试和测量、财务建模和分析以及计算生物学等众多应用领域。附加的工具箱（单独提供的专用MATLAB函数集）扩展了MATLAB 环境，以解决这些应用领域内特定类型的问题。

# 引言

- **去雾原因：**

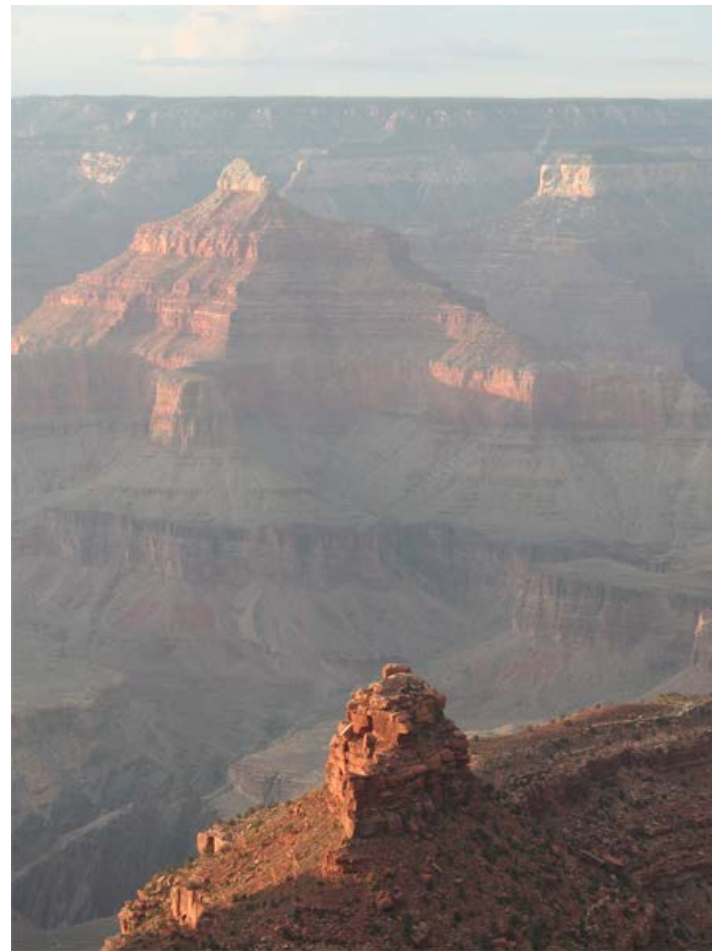
- 雾、霾等恶劣天气条件下，各种拍摄所得图像都会存在对比度下降、清晰度下降、颜色改变等问题，从而导致图像质量下降，降低了图像的使用价值。

- **影响：**

- 在雾、霾天气下，由于物体能见度降低，监控系统拍摄到的画面的对比度下降
- 道路尤其是高速公路在雾、霾天气下发生车辆追尾等交通事故的概率增加
- 卫星遥感监测系统在雾霾等恶劣天气下获得的图像质量大大下降



# 引言



引言

能否去雾？

# 引言



# 背景

- 本文采用的物理模型被称作 McCarney 大气散射模型，其广泛用于计算机视觉和图形学领域中。根据光在雾天传输的物理特性，其描述为

$$\mathbf{I}(\mathbf{x}) = \mathbf{J}(\mathbf{x})t(\mathbf{x}) + \mathbf{A}(1 - t(\mathbf{x})), \quad (1)$$

- 其中， $\mathbf{I}(\mathbf{x})$ 就是我们现在已经有的图像（待去雾的图像）， $\mathbf{J}(\mathbf{x})$ 是我们想要恢复的无雾的图像， $\mathbf{A}$ 是全球大气光成分， $t(\mathbf{x})$ 为透射率。现在的已知条件就是 $\mathbf{I}(\mathbf{x})$ ，要求目标值 $\mathbf{J}(\mathbf{x})$ ，显然，这是个有无数解的方程，因此，就需要一些先验了。

# 暗通道（原色）先验——何凯明

- 2009年CVPR最佳论文作者何凯明博士（2007年清华大学毕业，2011年香港中文大学博士毕业）首次提出暗通道先验理论。2010年提出引导滤波算法对滤波效果改进。
- 2011年对暗通道先验理论进行改进。
- 2013年对引导滤波算法进行改进。
- 何凯明主页( <http://research.microsoft.com/en-us/um/people/kahe/> )

# 暗通道（原色）先验——原理

- 对于没有雾的图像，在绝大多数非天空的局部区域里，某一些像素总会有至少一个颜色通道具有很低的值。换言之，该区域光强度的最小值是个很小的数。
- 我们给暗通道一个数学定义，对于任意的输入图像J，其暗通道可以用下式表达：

$$J^{\text{dark}}(\mathbf{x}) = \min_{\mathbf{y} \in \Omega(\mathbf{x})} \left( \min_{c \in \{r, g, b\}} J^c(\mathbf{y}) \right),$$

- 式中 $J^c$ 表示彩色图像的每个通道， $\Omega(\mathbf{x})$ 表示以像素 $\mathbf{x}$ 为中心的一个窗口。



# 暗通道先验——原因

- 暗通道先验的理论指出：

$$J^{\text{dark}} \rightarrow 0.$$

- 实际生活中造成暗原色中低通道值主要有三个因素：a)汽车、建筑物和城市玻璃窗户的阴影，或者是树叶、树与岩石等自然景观的投影；b)色彩鲜艳的物体或表面，在RGB的三个通道中有些通道的值很低（比如绿色的草地 / 树 / 植物，红色或黄色的花朵 / 叶子，或者蓝色的水面）；c)颜色较暗的物体或者表面，例如灰暗色的树干和石头。总之，自然景物中到处都是阴影或者彩色，这些景物的图像的暗原色总是很灰暗的。

例：如下所示为某彩色图象的7\*7三通道像素值，求每个像素2邻域暗通道

14	14	18	24	30	32	29
19	18	16	31	50	50	50
22	19	21	31	48	65	70
23	24	25	38	51	62	71
35	32	33	42	53	57	63
58	54	51	53	56	59	49
62	63	69	66	61	66	46

R

7	7	8	7	9	13	10
11	10	10	14	24	29	24
15	15	14	18	29	40	43
14	16	16	25	32	40	49
22	22	23	31	38	35	41
39	37	34	39	42	39	27
40	42	46	48	42	41	23

B

29	26	29	34	39	43	45
34	30	31	41	56	58	58
39	37	35	42	55	71	80
40	40	40	49	56	67	87
49	45	43	53	59	62	75
72	67	63	63	65	59	54
73	77	77	75	67	64	47

G

7	7	8	7	9	13	10
11	10	10	14	24	29	24
15	15	14	18	29	40	43
14	16	16	25	32	40	49
22	22	23	31	38	35	41
39	37	34	39	42	39	27
40	42	46	48	42	41	23

Min(R,G,B)

## 先扩充左右两边

7	7	7	7	8	7	9	13	10	13	10
11	10	11	10	10	14	24	29	24	29	24
15	15	15	15	14	18	29	40	43	40	43
14	16	14	16	16	25	32	40	49	40	49
22	22	22	22	23	31	38	35	41	35	41
39	37	39	37	34	39	42	39	27	39	27
40	42	40	42	46	48	42	41	23	41	23

## 再扩充上下两边

7	7	7	7	8	7	9	13	10	13	10
11	10	11	10	10	14	24	29	24	29	24
7	7	7	7	8	7	9	13	10	13	10
11	10	11	10	10	14	24	29	24	29	24
15	15	15	15	14	18	29	40	43	40	43
14	16	14	16	16	25	32	40	49	40	49
22	22	22	22	23	31	38	35	41	35	41
39	37	39	37	34	39	42	39	27	39	27
40	42	40	42	46	48	42	41	23	41	23
39	37	39	37	34	39	42	39	27	39	27
40	42	40	42	46	48	42	41	23	41	23

## 求二邻域暗通道

7	7	7	7	8	7	9	13	10	13	10
11	10	11	10	10	14	24	29	24	29	24
7	7	7	7	8	7	9	13	10	13	10
11	10	11	10	10	14	24	29	24	29	24
15	15	15	15	14	18	29	40	43	40	43
14	16	14	16	16	25	32	40	49	40	49
22	22	22	22	23	31	38	35	41	35	41
39	37	39	37	34	39	42	39	27	39	27
40	42	40	42	46	48	42	41	23	41	23
39	37	39	37	34	39	42	39	27	39	27
40	42	40	42	46	48	42	41	23	41	23

## 结果

7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7
23	23	23	23	23	8	8
23	23	23	23	23	8	8

# 暗通道先验效果——无雾图像





# 暗通道先验效果——无雾图像

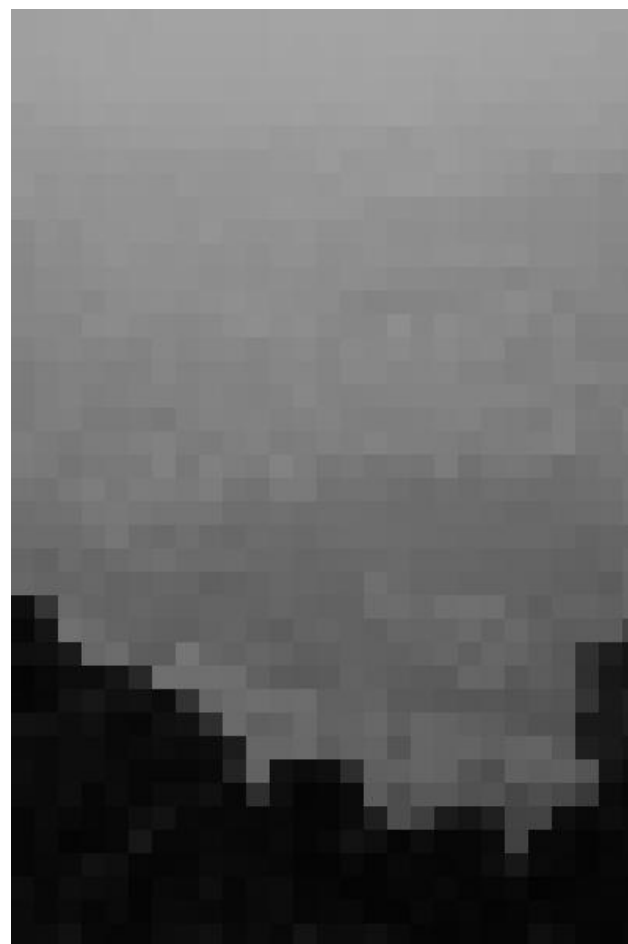


# 暗通道先验效果——无雾图像

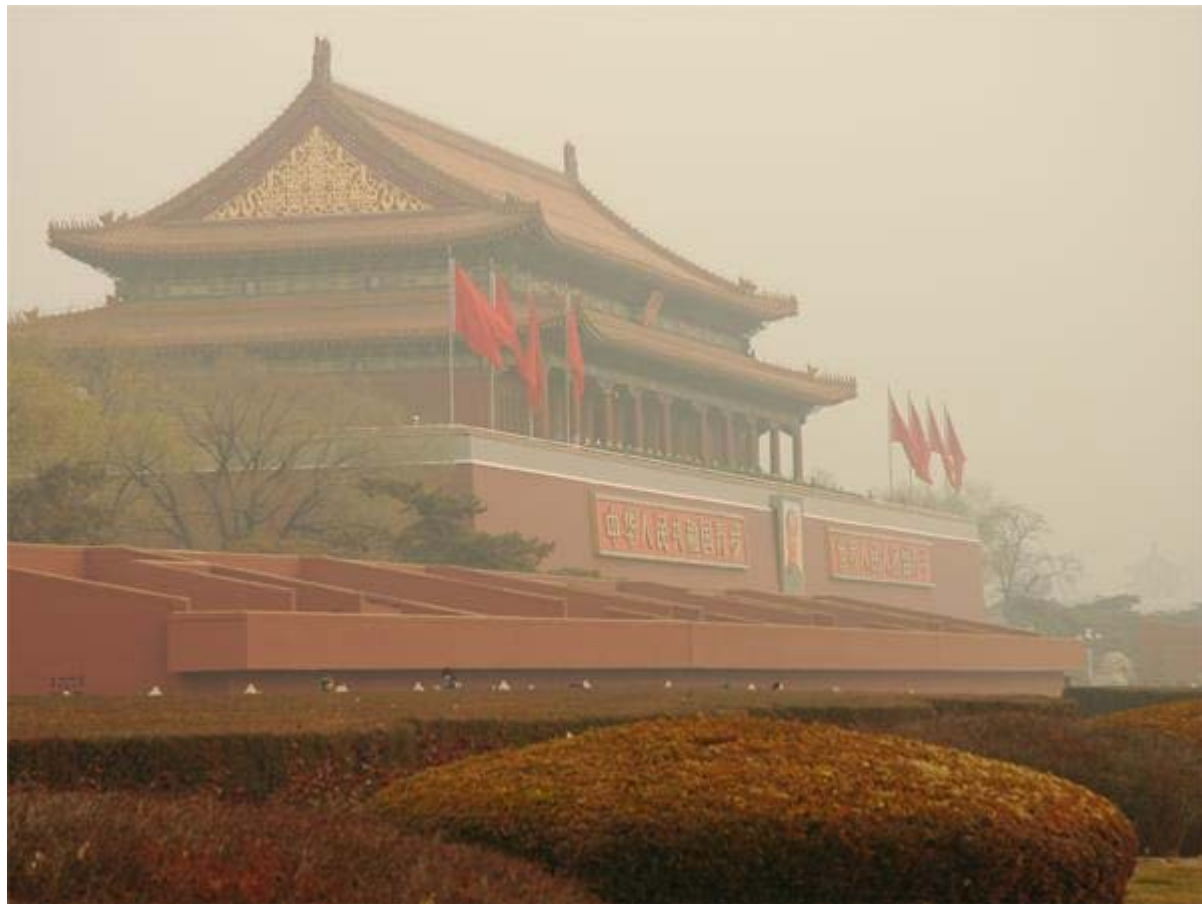




# 暗通道先验——有雾图像



# 暗通道先验——有雾图像



# 去雾算法——透射率估计

$$\mathbf{I}(\mathbf{x}) = \mathbf{J}(\mathbf{x})t(\mathbf{x}) + \mathbf{A}(1 - t(\mathbf{x})), \quad (1)$$

- 将式 (1) 稍作处理, 变形为下式:

$$\frac{I^c(\mathbf{x})}{A^c} = t(\mathbf{x}) \frac{J^c(\mathbf{x})}{A^c} + 1 - t(\mathbf{x}). \quad (7)$$

- 如上所述, 上标C表示R/G/B三个通道的意思。
- 然后对式 (7) 两边求两次最小值运算, 得到下式:

$$\min_{\mathbf{y} \in \Omega(\mathbf{x})} \left( \min_c \frac{I^c(\mathbf{y})}{A^c} \right) = \tilde{t}(\mathbf{x}) \min_{\mathbf{y} \in \Omega(\mathbf{x})} \left( \min_c \frac{J^c(\mathbf{y})}{A^c} \right) + 1 - \tilde{t}(\mathbf{x}). \quad (8)$$

$$J^{\text{dark}}(\mathbf{x}) = \min_{\mathbf{y} \in \Omega(\mathbf{x})} \left( \min_c J^c(\mathbf{y}) \right) = 0. \quad (9)$$

# 去雾算法——透射率估计

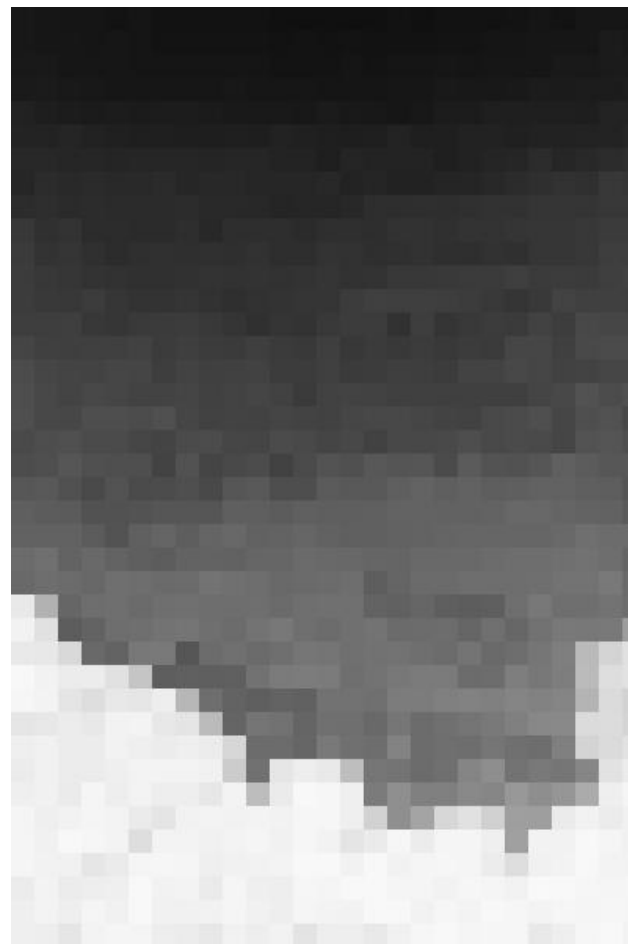
$$\tilde{t}(\mathbf{x}) = 1 - \min_{\mathbf{y} \in \Omega(\mathbf{x})} \left( \min_c \frac{I^c(\mathbf{y})}{A^c} \right). \quad (11)$$

•在现实生活中，即使是晴天白云，空气中也有着一些颗粒，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（11）中引入一个在 $[0,1]$  之间的因子，则式（11）修正为：

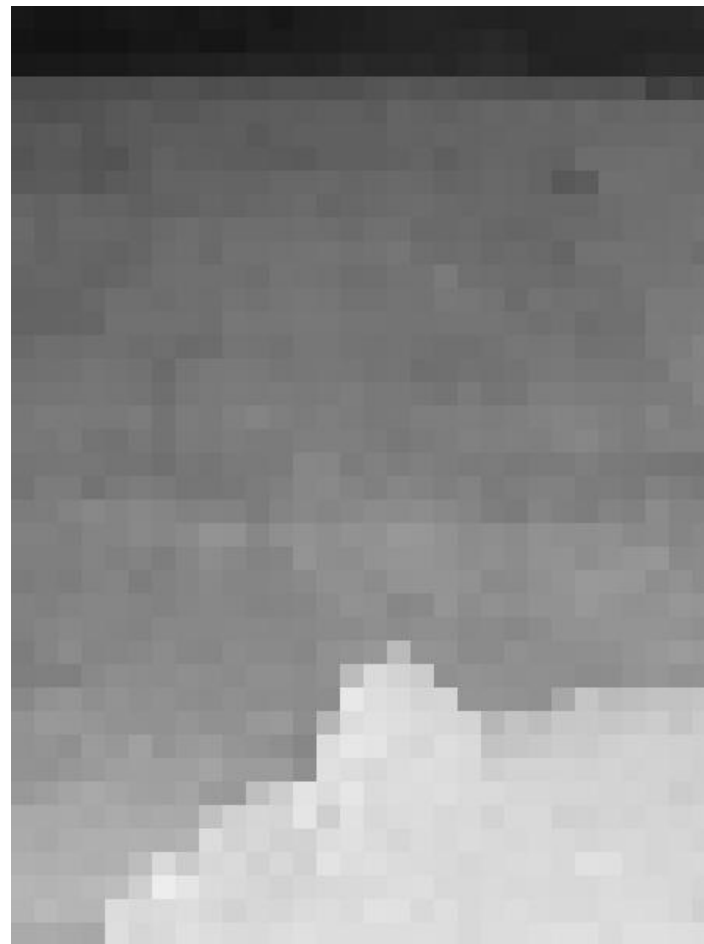
$$\tilde{t}(\mathbf{x}) = 1 - \omega \min_{\mathbf{y} \in \Omega(\mathbf{x})} \left( \min_c \frac{I^c(\mathbf{y})}{A^c} \right). \quad (12)$$

•本测试依赖于： $\omega=0.95$ 。

# 透射率 $t$ 显示图



# 透射率t显示图

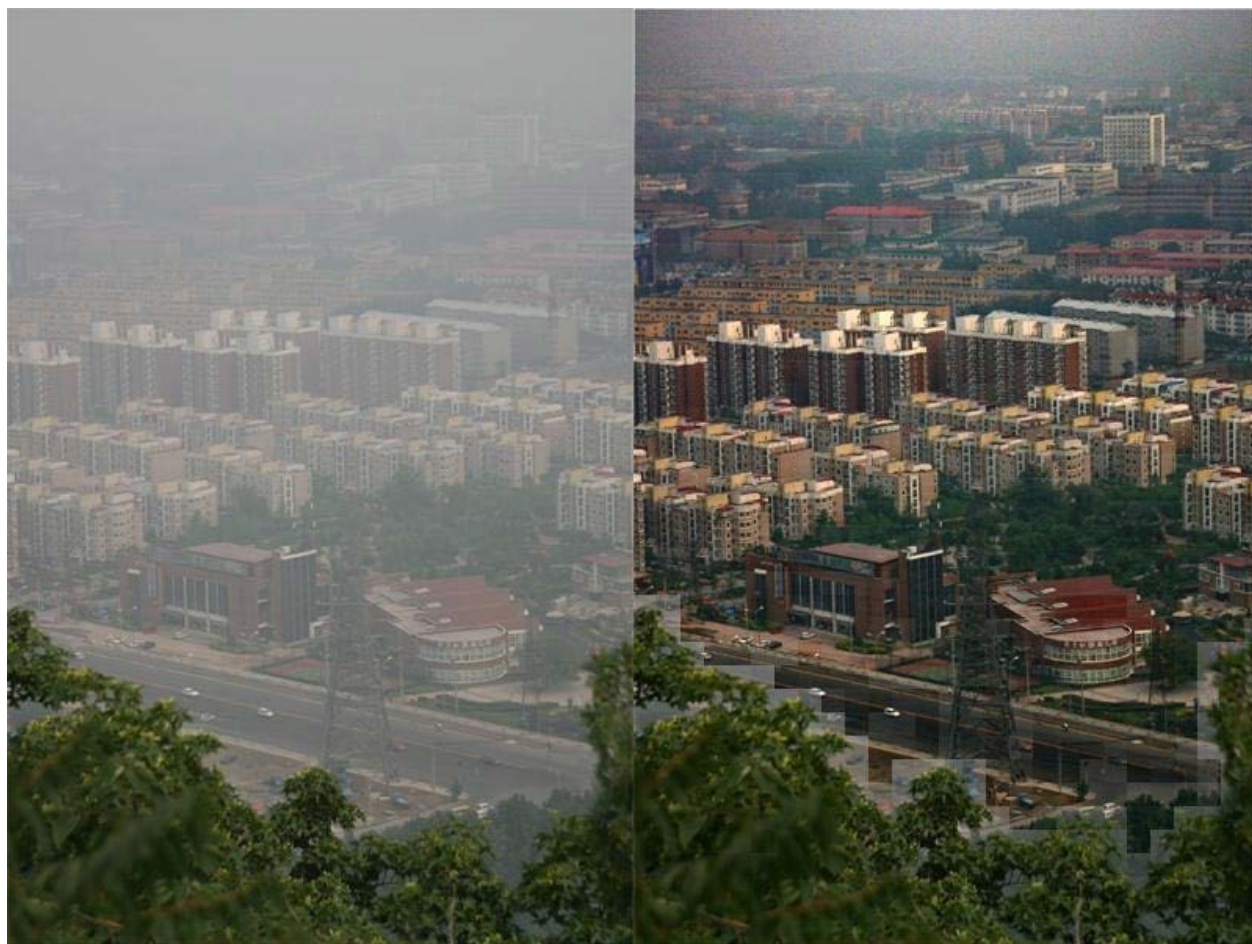




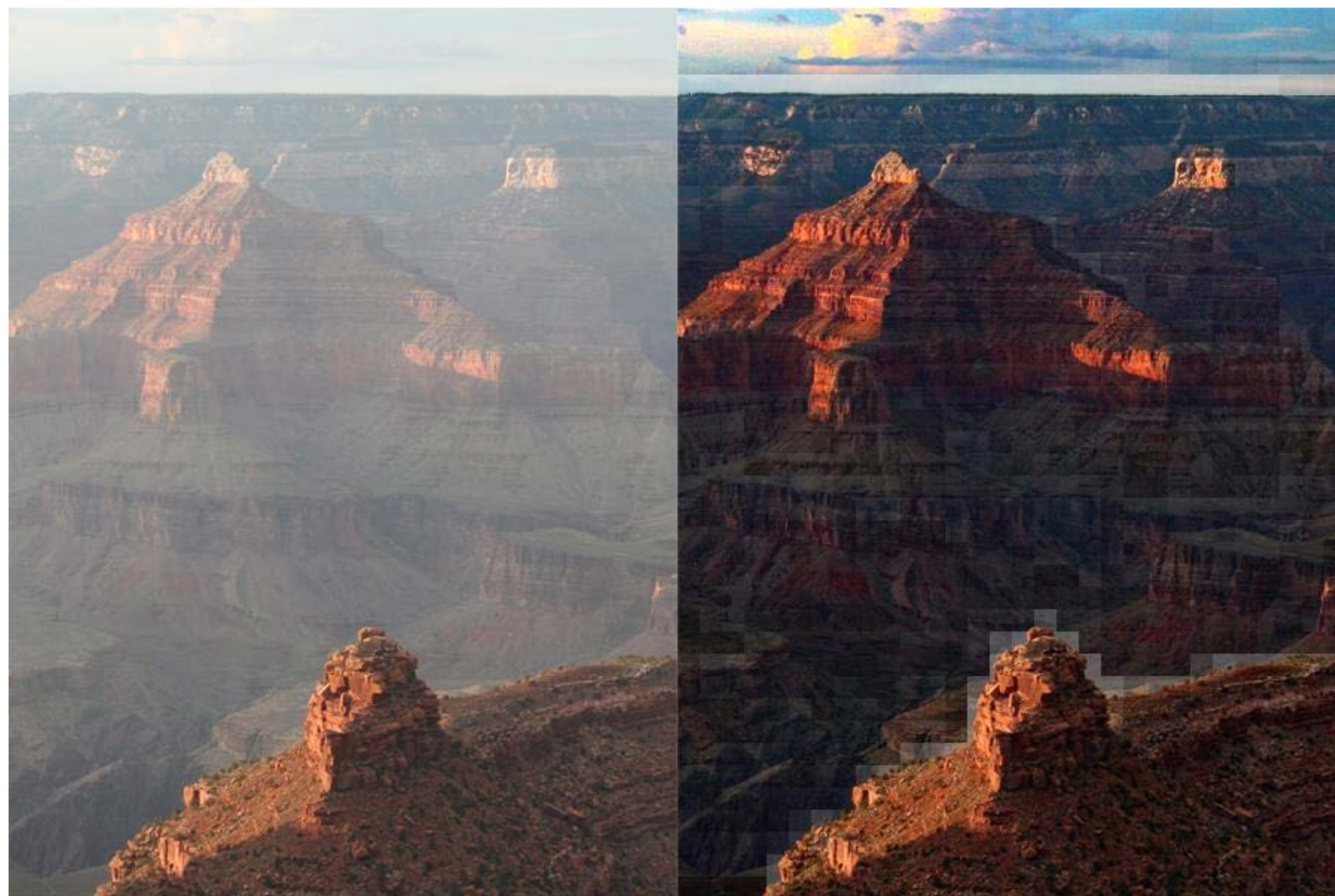
# 去雾算法——大气光值

- 上述推论中都是假设全球大气光A值是已知的，在实际中，我们可以借助于暗通道图来从有雾图像中获取该值。具体步骤如下：
  - 1) 从雾化暗通道图中按照亮度的大小取前0.1%的像素。
  - 2) 在这些位置中，在原始有雾图像I中寻找对应的具有最高亮度的点的值，作为A值。
- 到这一步，我们就可以进行无雾图像的恢复了。由式（1）可知：
- $J = (I - A)/t + A$
- 现在I,A,t都已经求得了，因此，完全可以进行J的计算。

# 去雾结果显示



# 去雾结果显示





# 各参数对去雾结果的影响

- 窗口大小对去雾结果的影响

暗通道求取时滤波器的窗口大小对处理结果来说是个至关重要的参数，滤波器窗口越大，它所包含暗通道的概率越大，暗通道就会越黑。如果不从理论角度去分析，只从实际的结果来看，似乎窗口变大以后去雾的效果会欠佳，如下图所示：



2018/11/5

原始图像



窗口大小=15 恢复图

# 窗口大小对去雾结果的影响



窗口大小=21 恢复图



窗口大小=101 恢复图

所以窗口大小通常建议选取在 11-51 之间，即半径在 5-25 之间，最常使用的窗口大小为15。

# w 值对去雾结果的影响

- 式 (12) 中  $w$  表征图像的去雾程度，设置该参数是为了使恢复后的图像保留一定程度的雾让图像看起来更为真实。显而易见  $w$  值越小，去雾后图像效果越差，示例如下：



(a) 原始图像



(b)  $w=0.5$



# w 值对去雾结果的影响



(c)  $w=0.8$



(d)  $w=1$

# 引导图像滤波

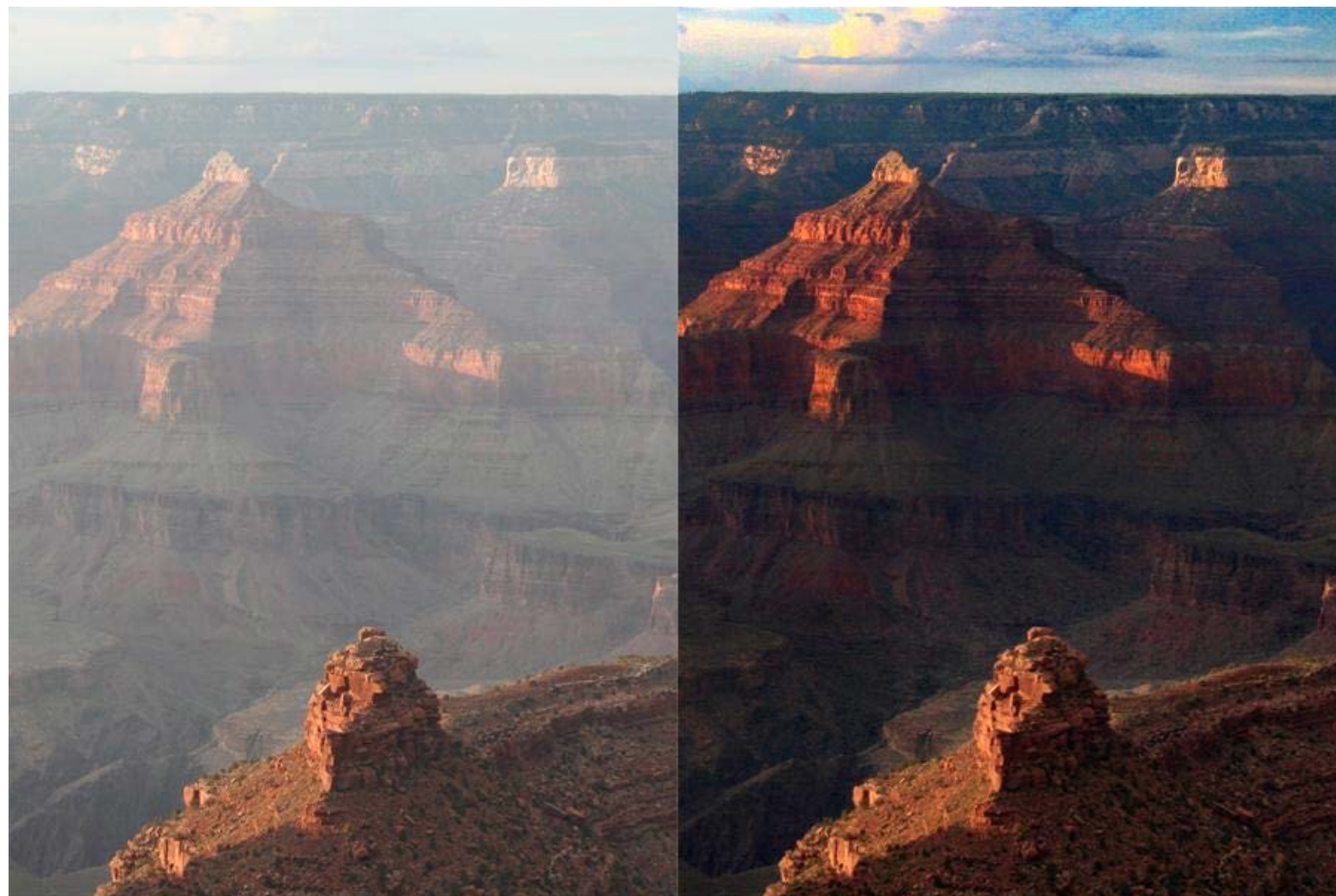
- 引导图像滤波是一种边缘平滑滤波器，它可以实现图像边缘的平滑、细节增强、以及图像融合去噪等功能，是一种功能强大的滤波器。它的原理是通过一幅引导图像对输入图像进行滤波，输出的图像在保留输入图像整体特征的同时，能充分获取引导图像的变化细节。

# 滤波后结果

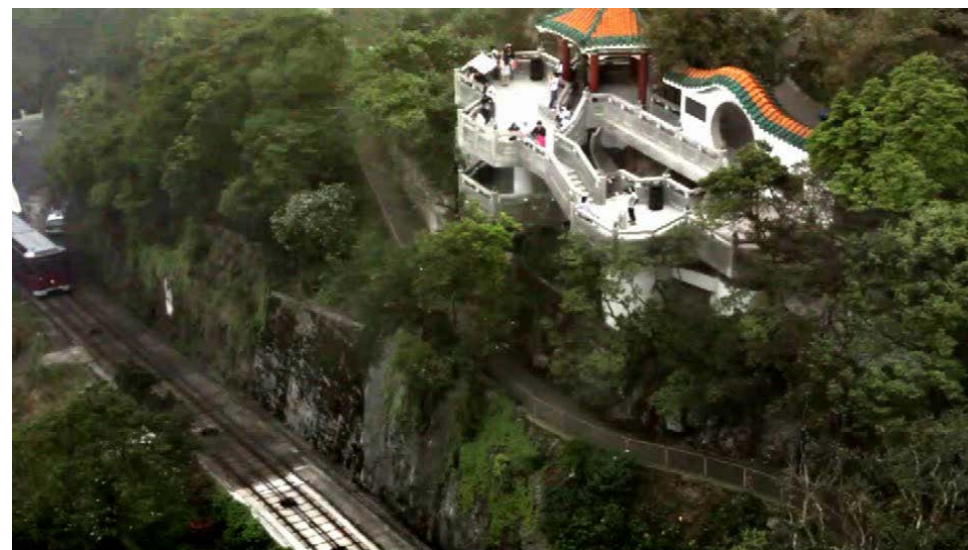




# 滤波后结果



# 视频去雾



# 参考资料

- 《Single Image Haze Removal Using Dark Channel Prior》何凯明
- <http://blog.csdn.net/songhhll/article/details/12612681>
- 《基于暗原色先验的单一图像去雾方法》何凯明



谢谢！