

图像去雾增强



许向阳
xuxy@hust.edu.cn



参考文献

- [1] He K, Sun J, Tang X. Single image haze removal using dark channel prior. CVPR, 2009, 1956-1963.
- [2] Gaofeng Meng, Ying Wang, Jiangyong Duan. Efficient Image Dehazing with Boundary Constraint and Contextual Regularization, ICCV, 2013, 617-624.



目 录

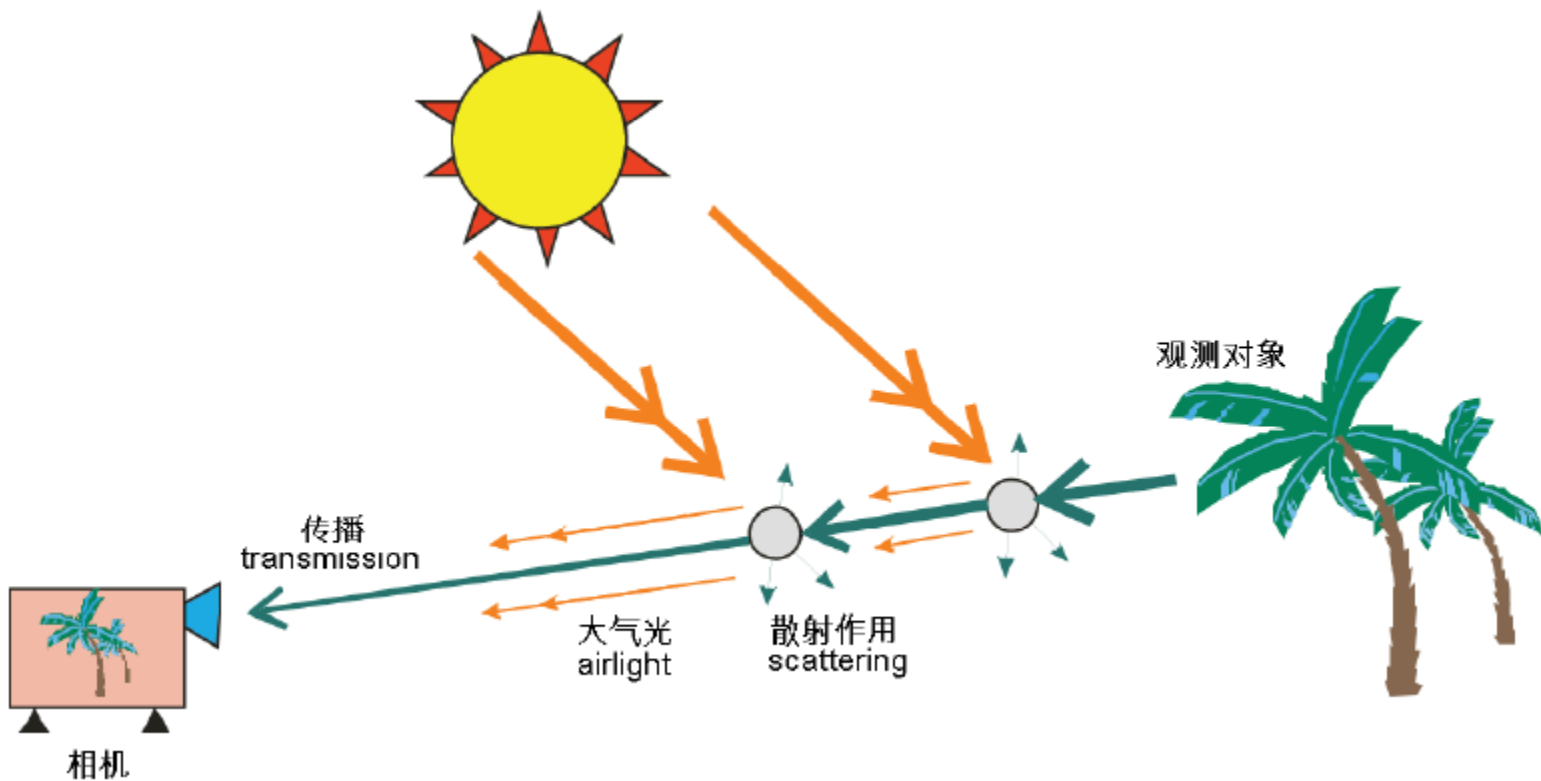
- ❖ **1 雾图像形成的物理模型**
- ❖ **2 去雾算法概况**
- ❖ **3 基于暗通道先验的去雾方法**
- ❖ **4 效果展示**



1 雾图像形成的物理模型



1 雾图像形成的物理模型





1 雾图像形成的物理模型

Haze Imaging Model

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

Atmospheric light



Hazy image



Scene radiance



Transmission



2 去雾算法概况

- ❖ **1. 基于非物理模型的图像增强法**
 - ❖ **(1) 直方图均衡化方法**
 - ❖ **(2) Retinex方法**
- ❖ **2. 基于物理模型的图像复原法**
 - ❖ **(1) 最大化局部对比度 [Tan, CVPR, 2008]**
 - ❖ **(2) 独立成分分析 [Fattal, Siggraph, 2008]**
 - ❖ **(3) 暗通道先验 [He, CVPR, 2009]**



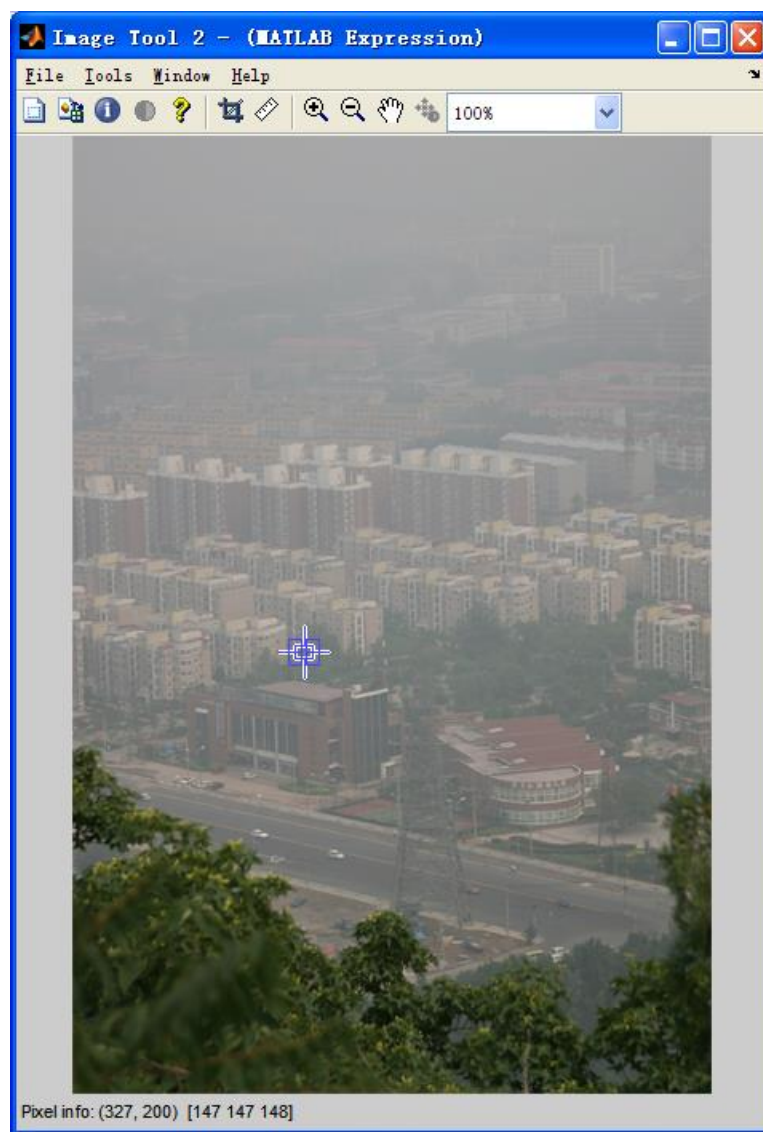
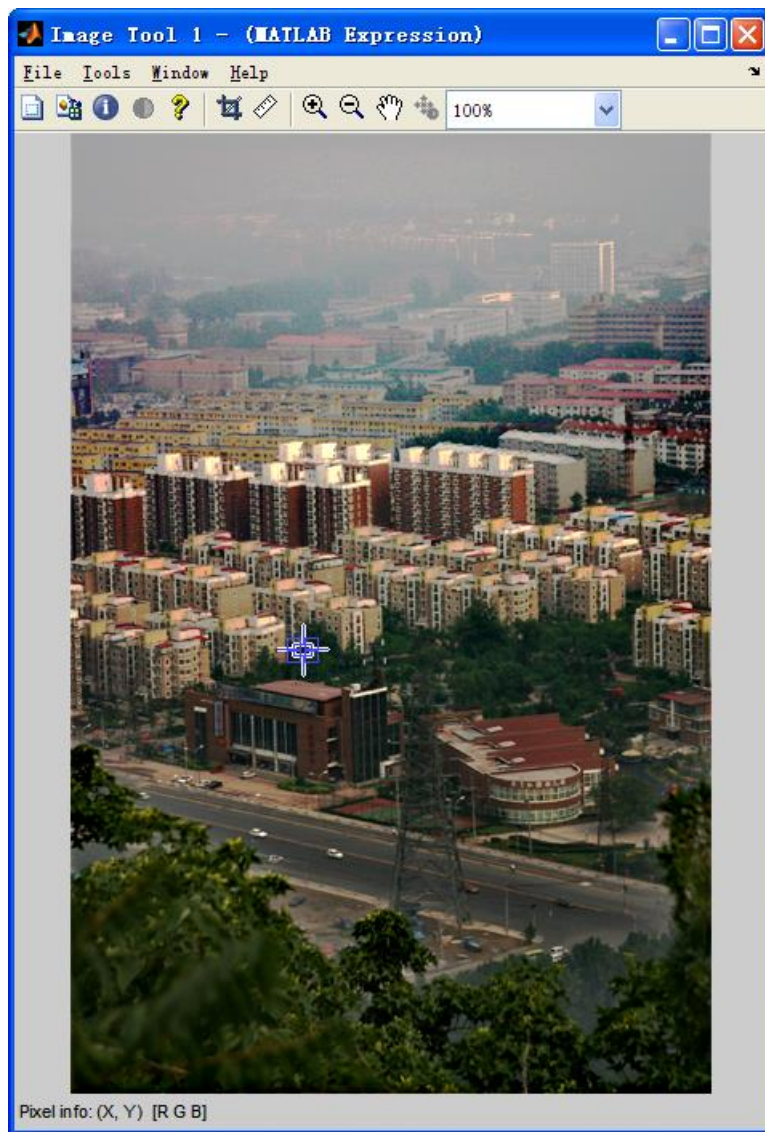
3 基于暗通道先验的去雾方法

- ❖ (1) 求大气光A
- ❖ (2) 求场景透射率t
- ❖ (3) 图像去雾

$$I(x,y) = J(x,y) * t(x,y) + A(1-t(x,y))$$

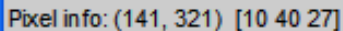


比较两幅图像的差异





同一位置的两个区域的 R,G,B 值的比较



比较两幅图像的差异

同一位置的两个区域的 R,G,B 值的比较

Pixel Region (Image Tool 2)

File Edit Window Help

Grid Zoom ?

R:116 G:126 B:123	R:119 G:129 B:124	R:117 G:126 B:121	R:116 G:124 B:121	R:116 G:123 B:121	R:115 G:124 B:121	R:115 G:127 B:122	R:115 G:126 B:119	R:117 G:127 B:121	R:117 G:122 B:120	R:116 G:123 B:121
R:122 G:128 B:126	R:119 G:126 B:122	R:117 G:125 B:121	R:114 G:124 B:121	R:115 G:124 B:121	R:113 G:123 B:119	R:116 G:125 B:121	R:115 G:126 B:121	R:115 G:126 B:122	R:118 G:124 B:122	R:116 G:123 B:121
R:128 G:133 B:127	R:121 G:127 B:121	R:118 G:124 B:121	R:117 G:126 B:123	R:115 G:124 B:121	R:115 G:122 B:119	R:117 G:125 B:122	R:115 G:124 B:121	R:114 G:125 B:120	R:117 G:126 B:121	R:116 G:123 B:121
R:117 G:126 B:122	R:114 G:124 B:119	R:113 G:123 B:119	R:116 G:124 B:121	R:117 G:122 B:121	R:115 G:123 B:120	R:116 G:124 B:121	R:118 G:125 B:123	R:115 G:124 B:121	R:115 G:125 B:120	R:116 G:123 B:121
R:115 G:123 B:119	R:113 G:121 B:119	R:113 G:121 B:119	R:116 G:122 B:120	R:116 G:123 B:120	R:114 G:124 B:121	R:113 G:122 B:119	R:117 G:125 B:122	R:119 G:127 B:122	R:116 G:123 B:120	R:116 G:123 B:120
R:118 G:127 B:120	R:116 G:125 B:119	R:113 G:121 B:119	R:112 G:122 B:119	R:113 G:124 B:120	R:114 G:123 B:120	R:113 G:123 B:120	R:114 G:124 B:120	R:119 G:129 B:121	R:116 G:126 B:119	R:116 G:123 B:120
R:123 G:130 B:123	R:121 G:129 B:123	R:115 G:124 B:120	R:111 G:120 B:118	R:110 G:120 B:117	R:112 G:121 B:119	R:120 G:127 B:123	R:118 G:127 B:121	R:117 G:128 B:120	R:117 G:127 B:118	R:116 G:123 B:120
R:120 G:126 B:123	R:121 G:129 B:123	R:116 G:124 B:120	R:110 G:120 B:118	R:112 G:120 B:117	R:114 G:121 B:119	R:119 G:127 B:123	R:121 G:127 B:121	R:116 G:128 B:120	R:117 G:127 B:118	R:116 G:123 B:120

Pixel info: (141, 321) [116 126 123]



比较两幅图像的差异

$$I(x,y) = J(x,y) * t(x,y) + A(1-t(x,y))$$

$$J(x,y) = \{ \underset{R}{j(x,y,1)}, \underset{G}{j(x,y,2)}, \underset{B}{j(x,y,3)} \}$$

$$A = \{ R = G = B \}$$

R: 8	R: 1	R:12
G:34	G:31	G:38
B:21	B:14	B:21
R: 9	R: 9	R:16
G:35	G:28	G:38
B:22	B:15	B:26

R:115	R:115	R:117
G:124	G:122	G:125
B:121	B:119	B:122
R:117	R:115	R:116
G:122	G:123	G:124
B:121	B:120	B:121



(1) 全球大气光A

暗通道先验



无雾图像的特点:

- 颜色鲜明，对比度大。
- **很多**像素的(R,G,B)中有很小的值
- 一般而言，像素周围都有颜色鲜艳的像素。除非有大块的同质区

有雾图像的特点:

- 颜色灰蒙蒙的，对比度小。
- **很多**像素的(R,G,B)差别小，并且其(R,G,B)的最小值较大



(1) 全球大气光A

暗通道先验



暗通道图像:

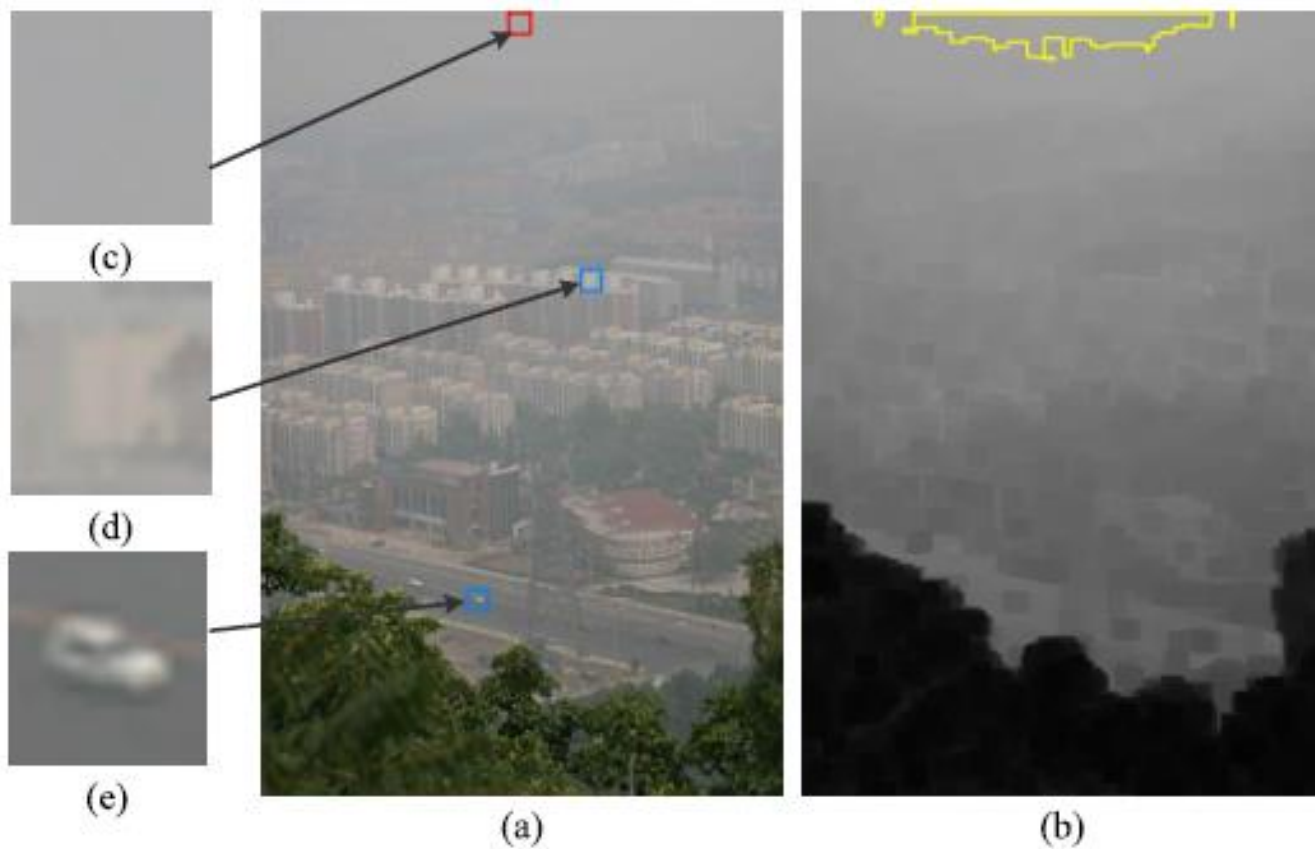
$$ITemp(x,y) = \min(R(I(x,y)), \\ G(I(x,y)), \\ B(I(x,y)))$$

$$Idark(x,y) = \min_{(u,v) \in N(x,y)} ITemp(u,v)$$

$N(x,y)$: (x,y) 的邻域

$Idark$ 的最大值作为 大气光A。

(1) 全球大气光A



A的修正计算方法

人工设定方法



场景透射率的估计

求 t 的基本思路：

- 暗通道图像产生的模式
- 清晰图像的暗通道接近0的先验

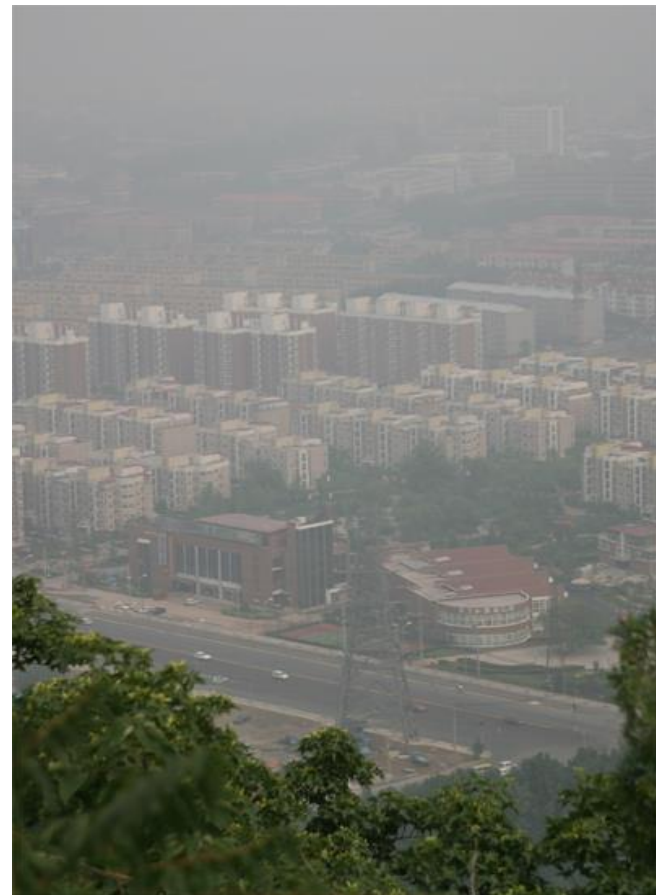
$$I = J * t + A (1-t)$$

$$I_{\text{dark}} = J_{\text{dark}} * t + A (1-t)$$

在清晰图像中， $J_{\text{dark}} \rightarrow 0$

在一个小范围内，认为 t 是相同的。

$I_{\text{dark}}, J_{\text{dark}}$ 都是在邻域内求的。



直观感受：何处的 t 大一些？
远处的透射率小。
看近处，雾的干扰会小一些。



场景透射率的估计

基本方法中存在的问题：

- 无雾图像的暗通道真的为 0 吗？
 - 透射率场需要平滑吗？
 - 近处物体遮挡远处背景，交界处的透射率平滑吗？
-
- ❖ 第一阶段：场景透射率的粗估计
 - ❖ 第二阶段：场景透射率的细化
 - ❖ 第三阶段：场景透射率的修正



第一阶段：场景透射率的粗估计

真实的场景透射率 $t(x) = \frac{\|A - I(x)\|}{\|A - J(x)\|}$

场景透射率的边界 $t_b(x) = \min \left\{ \max_{c \in \{r, g, b\}} \left(\frac{A^c - I^c(x)}{A^c - C_0^c}, \frac{A^c - I^c(x)}{A^c - C_1^c} \right), 1 \right\}$

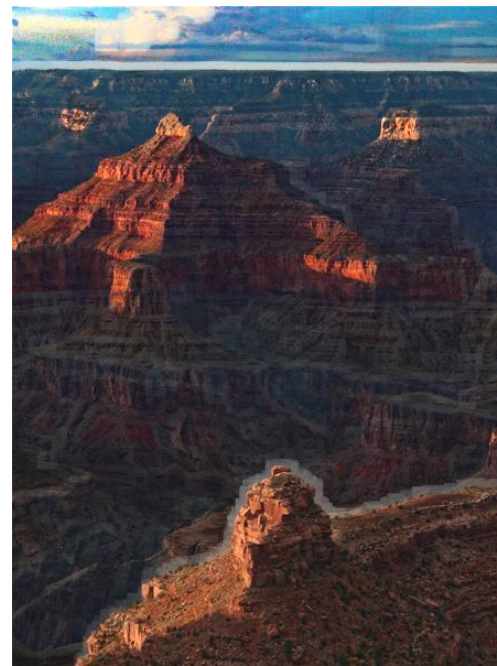
粗估计的场景透射率

局部最大值（假设局部内透射率是常量） $\tilde{t}(x) = \max_{y \in \omega_x} t_b(y)$

局部近似最大值（控制局部内有微小变化） $\hat{t}(x) = \min_{y \in \omega_x} \max_{z \in \omega_y} t_b(z)$



第二阶段场景透射率的细化



$$\|A - J(x)\| = \frac{\|A - I(x)\|}{t(x)}$$



TV正则化：保边性平滑

同质区平滑，异质区保边

正则化项
$$\min_j \sum_{j \in \omega} \|W_j \circ (D_j \otimes t)\|_1$$

❖ 目标函数
$$\min_t \frac{\lambda}{2} \|t - \hat{t}\|_2^2 + \sum_{j \in \omega} \|W_j \circ (D_j \otimes t)\|_1$$

❖ 变量分裂
$$\min_{t,u} \frac{\lambda}{2} \|t - \hat{t}\|_2^2 + \sum_{j \in \omega} \|W_j \circ u_j\|_1 + \frac{\beta}{2} \left(\sum_{j \in \omega} \|u_j - D_j \otimes t\|_2^2 \right)$$



交替最小化

❖ 固定 t , 求 u

$$\min_{u_j} \|W_j \circ u_j\|_1 + \frac{\beta}{2} \|u_j - D_j \otimes t\|_2^2$$

❖ 固定 u , 求 t

$$\min_t \frac{\lambda}{2} \|t - \hat{t}\| + \frac{\beta}{2} \left(\sum_{j \in \omega} \|u_j - D_j \otimes t\|_2^2 \right)$$



第三阶段场景透射率的修正





❖ 实际场景透射率

$$t_{actual}(x) = \max_{y \in \Omega(x)} \left\{ \max_{c \in \{r, g, b\}} \left(\frac{A^c - I^c(x)}{A^c - J^c(x)} \right) \right\}$$

❖ 我们求得的场景透射率

$$t_b(x) = \max_{y \in \Omega(x)} \left\{ \max_{c \in \{r, g, b\}} \left(\frac{A^c - I^c(x)}{A^c - C_0^c}, \frac{A^c - I^c(x)}{A^c - C_1^c} \right) \right\}$$

❖ 如果 $|I(x) - A| < K$ ，则进行修正

$$t_{true}(x) = \min\left(\max\left(\frac{K}{|I(x) - A|}, 1\right), \max(t(x), t_0), 1\right)$$

颜色值接近大气光的点，t值的修正。不要过度增强



图像去雾

- ❖ 根据大气散射模型、全球大气光 A 和场景透射率 t ,
求场景辐射图像, 即去雾后的图像

$$J(x) = \frac{I(x) - A}{t_{true}(x)} + A$$

4. 效果展示



(a)原始图像

(b) Tarel方法

(c) He方法

(d) Meng方法

(e) 本文方法







中新网
Chinanews.com



中新网
Chinanews.com



End!