

浙江大学实验报告

专业：信息工程

姓名：徐晓刚

学号：3140102480

日期：2017/6/8

地点：

课程名称：数字图像处理 指导老师：项志宇 成绩：

实验名称：图像去雾霾算法设计 实验类型：探究型 同组学生姓名：无

一、实验目的和要求（必填）

二、实验内容和原理（必填）

三、主要仪器设备（必填）

四、操作方法和实验步骤

五、实验数据记录和处理

六、实验结果与分析（必填）

七、讨论、心得

一、实验目的和要求

1. 设计一个有效的算法，对于被白色雾霾污染的图像进行复原；
2. 复原的结果应当是清晰的彩色图像，具有更加丰富的图像内容

二、实验内容和原理

1> 实验原理

1. 图像暗通道：对于一幅图像来说，在绝大多数的非天空的局部区域之中，某些像素总会有一个颜色通道具有很低的值。对于一个像素来说，在这个像素的周边邻域中的各个像素点的所有 RGB 分量中，值最小的那个 RGB 通道就是这个像素点的暗通道。我们可以用一个数学公式来进行表达：

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

其中 J^c 表示的是彩色图像的每个通道， $\Omega(x)$ 是以像素 x 为中心的一个窗口邻域。上述的方法可以通过首先计算一幅彩色图像的每个像素点的 RGB 分量的最小值，之后再对这幅图进行最小值滤波。而且我们一般来说有

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

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。

2. 雾霾图像的成像模型和暗通道先验：下述的方程可以用来描述雾霾图像的形成：

$$I(x) = J(x)t(x) + A[1 - t(x)]$$

其中 $I(x)$ 是已知的已经被污染的图像， $J(x)$ 是我们希望恢复的图像。参数 A 是全球大气光成分， $t(x)$ 是透射率。在只知道现有的图像 $I(x)$ 的情况下，如果我们需要确定出原来的图像，那么需要一定的先验信息。上述的成像公式可以写为：

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

在这里 C 表示的是 RGB 三个通道。

下面阐述复原的方法。首先假设在每一个窗口内透射率 $t(x)$ 是常数，定义为 $\tilde{t}(x)$ ，则我们有如下的结论：

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

在这里的先验知识指的是

$$J^{dark}(x) = \min_{y \in \Omega(x)} (\min_c J^C(y)) = 0$$

结合这个先验信息，我们可以得出如下的结论：

$$\tilde{t}(x) = 1 - \min_{y \in \Omega(x)} (\min_c \frac{I^C(y)}{A^C})$$

这就给出了在一个窗口内的透射率的估计值。一般来说可以使用一个权重来修正：

$$\tilde{t}(x) = 1 - w \min_{y \in \Omega(x)} (\min_c \frac{I^C(y)}{A^C}), w = 0.95$$

3. 全球大气光值估计：

全球大气光假设在上述的公式中是一个先验的参数，但是我们可以借助于暗通道图来从有雾图像中获取该值：

从暗通道图中按照亮度的大小取前 0.1% 的像素。在这些位置中，在原始有雾图像 $I(x)$ 中寻找对应的具有最高亮度的点的值，作为 A 的估计值。

4. 图像复原

在获得了大气光的参数 A，每个窗口中的透射率参数 $\tilde{t}(x)$ 之后，我们可以进行图像的复原。由雾霾图像的成像公式，我们可以获得复原的等式为：

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

在这里设置 t_0 的值是为了能够放置我们复原之后的图像的偏于全白的效果。

5. 导向滤波改进。从上述的方法中确实已经可以恢复出原来的图像，但是一般在物体的边缘部

分有明显的雾霾残留的不协调现象。这种现象是因为在每个窗口计算出来的透射率的图 $\tilde{t}(x)$ 过于粗糙。所以在这里使用导向滤波的方法对整个透射率图进行修正。主要是起到了一个平滑的作用。使得透射率的图能够更好地区分原来的景物等。

导向滤波是一种图像滤波技术，通过一张引导图 I ，对输入图像 P 进行滤波处理，使得最后的输出图像大体上与目标图像 I 相似，特别是纹理部分与引导图 I 相似。在这里主要是使用彩色图像作为导向图。

在这里假设 q 是输出图像， p 是输入图像， I 是导向图像。那么像素点 i 处的结果可以表示为：

$$q_i = \sum_j W_{ij}(I) p_j$$

在这里的权重是根据导向图像得到的。我们可以假设输出图像是导向图像的一个线性输出：

$$q_i = a_k I_i + b_k, \forall i \in w_k$$

w_k 在这里表示的是一个窗口。那么我们可以最小化下面的代价函数：

$$E(a_k, b_k) = \sum_{i \in w_k} ((a_k I_i + b_k - p_i)^2 + \epsilon a_k^2)$$

我们通过对其求导，可以得到如下的结果：

$$a_k = \frac{\frac{1}{|w_k|} \sum_{i \in W_k} I_i p_i - u_k \frac{1}{|w_k|} \sum_{i \in W_k} p_i}{\sigma_k^2 + \varepsilon}$$

$$b_k = \frac{1}{|w_k|} \sum_{i \in W_k} p_i - a_k u_k$$

所以一般来说，我们可以使用如下的步骤来获得导向图输出：

1)

$$\begin{aligned} mean_I &= f_{mean}(I) \\ mean_p &= f_{mean}(p) \\ corr_I &= f_{mean}(I * I) \\ corr_{Ip} &= f_{mean}(I * p) \end{aligned}$$

2)

$$\begin{aligned} var_I &= corr_I - mean_I * mean_I \\ corr_{Ip} &= corr_{Ip} - mean_I * mean_p \end{aligned}$$

3)

$$\begin{aligned} a &= cov_{Ip} / (var_I + \varepsilon) \\ b &= mean_p - a * mean_I \end{aligned}$$

4)

$$\begin{aligned} mean_a &= f_{mean}(a) \\ mean_b &= f_{mean}(b) \\ q &= mean_a * I + mean_b \end{aligned}$$

三、主要仪器设备

计算机，VS2013 软件， OPENCV 工具包

四、操作方法和实验步骤

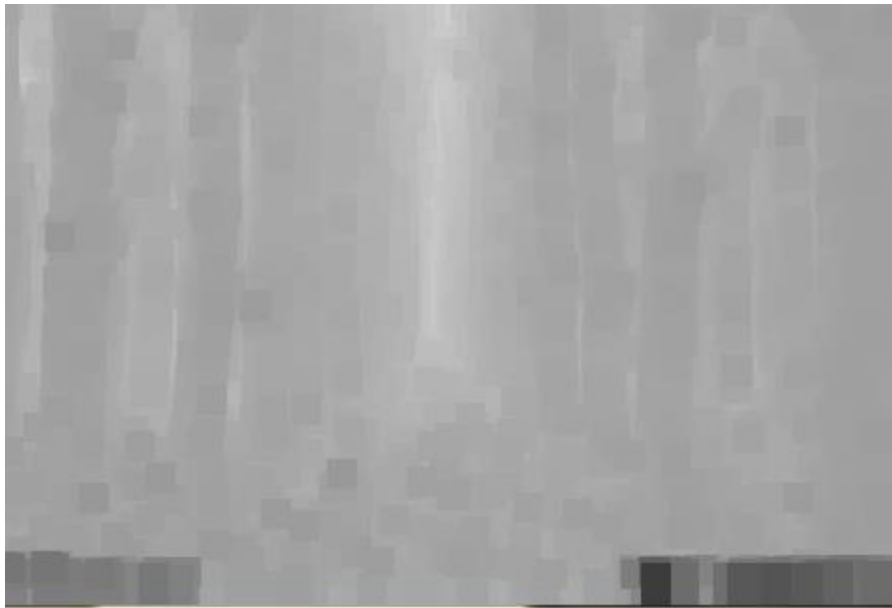
具体的代码实现采用 VS2013+OPENCV 编程环境

五、实验数据记录和处理

在这里我们使用的原始图像如下所示：



我们根据以上的暗通道先验的定义，我们首先可以画出关于这种图的暗通道图：



可以看到原来的图像中由于是雪地的关系，存在大量的白色物体。而且加上白色雾霾的影响，暗通道图大致表现地比较亮。

之后我们可以根据之前估计透射率的公式来计算透射率图，确定的透射率图如下所示：



而我们使用导向滤波之后的透射率图如下所示：



可以看到使用导向滤波之后，我们获得的透射率的估计图变得比较平滑。

大气光先验的参数也按照之前指定的方法进行估计。在获得了所有的参数之后，可以进行图像的恢复。图像恢复的效果如下所示（以下的方法是不使用导向滤波之后的效果）：



而我们使用导向滤波之后的效果如下所示：



可以看出两者之间似乎没有什么区分,但是不保证其他的图像有区别。根据之前 09 年的 CVPR 的 best paper 的结论, 在大量的实验中发现, 使用导向滤波是很有用的。

六、实验结果与分析

本次的实验中, 我通过参考了何凯明在 2009 年的 CVPR 上的 best paper 中提出的暗通道方法, 对于被白色的雾霾污染的图像进行去雾霾复原处理。可以看出这个算法利用的是简单的在颜色通道中的规律, 但是效果十分好。其中用到的先验信息包括大气光的参数和估计的投射图。

在其中几个对算法最后有影响的参数是估计投射图时候的窗口的大小, 修正估计时候的 w 权重参数等需要大量实验的参数。在这里由于没有太多的时间和素材让我去调整参数, 我直接使用论文中提出的几个参数。

但是我认为这个算法的速度不是很快, 难以实时处理。暗原色先验是一种统计的结果, 是对大量户外无雾照片的统计结果, 如果目标场景内在的就和大气光类似, 比如雪地、白色背景墙、大海等, 则由于前提条件就不正确, 因此一般无法获得满意的效果, 而对于一般的风景照片这个算法能处理的不错。

七、讨论、心得

本次实验是最后的一个大作业, 题目也是我自己设想出来的。发现在这个方面现在已经有做的非常好的算法。早期图像去雾的研究并没有得到应有的重视, 很多人认为它的实际意义不大, 甚至觉得所谓的去雾算法多是缺乏学术上的价值。一方面随着大气污染的日益严重, 设法改善自动获取的图像质量其意义不言而喻。另一方面, 随着数码设备的普及, 消费类电子产品的市场也催生出许多新的需求, 其中人们对所拍照片质量的修正和优化就是一个显而易见的需求。这个基于暗通道的算法因其新颖的思路和理想的效果而广受关注, 相关论文也曾于 2009 年荣获 CVPR 最佳论文奖。

图像处理在这里主要用到的是图像复原与滤波算法的应用, 导向滤波作为一种重要的图像处理手段, 在这里也发挥了很大的作用。

本次的大作业任务让我对于图像处理的热情再次高涨。也感谢老师一个学期以来的教学, 相信老师的教授让我能够今后在图像研究的道路上走得更远。