

《数字图像处理》小作业 1 图像处理系统案例分析

2015011443 陆逸文

1 简介

本文简要介绍由论文 [1] 提出的图像去雾系统。整个系统的框图如图 1 所示，其中紫色方框表示处理的流程，红色椭圆表示涉及的理论或技术。

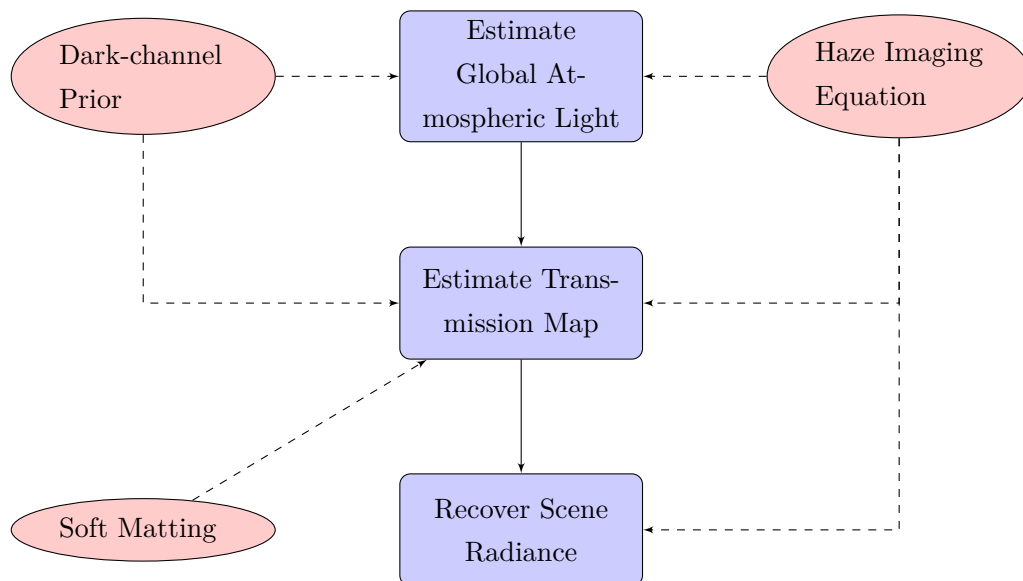


图 1: 系统框图

2 基本理论

图像去雾基于对雾霾照片的建模 (Haze Imaging Equation):

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

其中 \mathbf{I} 为去雾前照片的像素值, \mathbf{J} 为 Scene Radiance (无雾霾情况下的像素值, 即恢复的目标), \mathbf{A} 为 Atmospheric Light (对雾霾强度的刻画, 可认为对整张照片是一个恒定值), t 为 Transmission (光线在介质中被散射的比例, 与景深有关)。系统的功能即依次估计 $\mathbf{A}, t(\mathbf{x}), \mathbf{J}(\mathbf{x})$, 最终恢复出原始的图像。

整个系统的核心理论是对于彩色雾霾照片的先验知识 Dark-channel Prior。该先验知识的内容是: 在无雾霾的彩色照片中, 除天空区域以外各个像素的 dark channel 强度都很低, 因此从 dark channel 强度高的区域可以获知关于雾霾的信息。其中 Dark channel 定义为:

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

即像素点 \mathbf{x} 周围的一个小区域内最小强度最小的通道 (式中 $\Omega(\mathbf{x})$ 表示以 \mathbf{x} 为中心的一个小区域)。

3 模块功能

3.1 Estimation of Global Atmospheric Light

\mathbf{A} 的估计基于 Dark-channel Prior 完成, 具体方法为先选取 dark-channel 强度最大的 0.1% 的像素点, 再在原图中挑出这些点中最大的强度作为 \mathbf{A} 的值。

此模块的输入为雾霾图像, 输出为 \mathbf{A} 的值。

3.2 Estimation of Transmission Map

Transmission map 的估计又可分为两个子模块: 第一步是直接根据 Dark-channel Prior 得到对 transmission map 的粗略估计, 第二步是通过 natural image matting (抠图) 技术对 transmission map 进行精细化处理。

第一步是直接将 Dark-channel Prior 代入 Haze Imaging Equation 中, 得到:

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

其样例输入和输出分别如图2中的左图和右图所示。



图 2: 根据 Dark-channel Prior 估计 transmission map 的输入和输出

第二步是将前一步得到的 transmission map 作为提示信息, 对原图进行抠图, 即前景和背景的分离, 每一点的输出为前景的 α 值。具体采用的是 soft matting 算法, 该算法将抠图问题转化为一个二次规划问题, 待优化的函数由分别表示平滑程度和与输入 transmission map 的误差的两项相加得到。这一流程的样例输入和输出分别如图3中的左图和右图所示。

3.3 Recovery of Scene Radiance

将之前两个模块估计出的所有值代入 Haze Imaging Equation, 即可求出 $\mathbf{J}(\mathbf{x})$, 亦即恢复出原图像。在这个过程中, 基于对输入输出图像的观察, 发现在 $t(\mathbf{x})$ 值较小时输出图像的噪声较大, 因此对 $t(\mathbf{x})$ 设置了下界。此模块的样例输入和输出分别如图4中的左图和右图所示。



图 3: 通过 soft matting 优化 transmission map 的输入和输出



图 4: 原始图像恢复的输入和输出

参考文献

- [1] K. He, J. Sun, and X. Tang, “Single image haze removal using dark channel prior,” *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 33, no. 12, pp. 2341–2353, 2011.