

一种有雾天气图像景物影像的清晰化方法

祝培 朱虹 钱学明 李晗

(西安理工大学自动化与信息工程学院, 西安 710048)

摘要 针对雾天下拍摄图像的退化现象, 提出了一种景物影像清晰化的方法。该方法不需要依据大气模型, 即可直接对景物的细节信息进行增强处理, 并可用移动模板对不同深度的场景进行分割, 以对模板中的区域进行块重叠直方图均衡化处理。为了能在对景物细节信息进行增强的同时, 避免天空噪声的影响, 可根据图像的灰度分布特性, 求出天空区域灰度的最佳近似正态分布, 再由这个近似正态分布估计来得到分割天空区域的灰度值分布范围, 以增强景物细节信息。实验结果表明, 该算法能有效地改善雾天下图像的退化现象和提高图像的清晰度。

关键词 雾 景物影像清晰化 灰度分布特性 正态分布 块重叠直方图均衡化

中图分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2004)01-0124-05

An Image Clearness Method for Fog

ZHU Pei, ZHU Hong, QIAN Xue-ming, LI Han

(Institute of Information and Automation Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048)

Abstract According to the effect of fog from images, a new method for enhancing images taken in fogs is proposed in this paper. It does not need atmospheric model and just performs on the image, directly enhancing details of the scene in the image. A moving mask is adopted to segment scene at different depth, then each pixel in the mask is processed using block-overlapped histogram equalization. At the same time the influence of mask's size also is discussed in this paper. Though the enhance operation will improve visual result, it also will bring noise amplification in sky region. To restrain the adverse effect, the sky region should firstly be segmented before enhance operate. Using optimal normal distribution to approach the characteristic of image gray distribution, then by the estimated distribution, the range of pixel value in the sky region can be got. By the information, the sky region can be segmented from the image. Experiments show that this algorithm can efficiently improve the degradation of image and enhance the clearness of image.

Keywords Fog, Image clearness, Gray distribution characteristic, Normal distribution, Block-overlapped histogram equalization

引言

雾天时, 大气最显著的特征就是能见度大幅度降低, 其对各行各业均有不同程度影响, 其中, 航空和高速公路受雾天影响最严重, 比如当能见度过低时, 机场就会取消航班, 高速公路会封锁。除此之外, 其他的海运、陆运以及内河交通运输也将受到不同程度的波及, 并可能造成交通事故的发生和运输速度的降低等。另外, 户外监测系统也往往无法在恶劣

天气下可靠工作。由此可见, 对于雾天各种监测系统获取的图像上景物影像的清晰化方法的研究具有重大的现实意义。目前, 雾天景物影像的清晰化主要采用的是基于大气退化物理模型的方法, 但这类方法都需要求得深度信息, 如文献[1]方法需要借助于专用的已经标定的雷达装置来获得深度信息, 然后利用图像数据和深度信息来求解模型参数, 最后把参数代入退化模型, 才能求得估计图像; 文献[2]方法则需要两种不同天气状况下同一场景的图像, 才能估计深度信息, 显然它对图像采集的要求过于苛刻。

直方图均衡化算法^[3,4]是图像增强中的一种常用的方法,全局直方图均衡化算法虽实现简单,一般情况下也可以提高图像的对比度,但是由于雾天下图像中景物影像的对比度降低与物体至照相机的距离呈非线性递增的关系,且因为一幅图像中景物的深度是多样的,其退化程度也各不相同,所以采用全局处理方法无法得到好的效果。局部直方图均衡化算法^[3]虽然可使图像的每一个区域的对比度都能得到很大的改善,但是同时这种方法也将灰度变化缓慢的区域,如天空等区域也进行了误增强,从而导致景物影像因许多噪声的干扰而表现得不自然。

为了解决这些问题,本文提出了一种新的景物影像清晰化方法,即首先将图像中出现的天空区域分离之后,再充分利用图像中不同深度的景物特征,

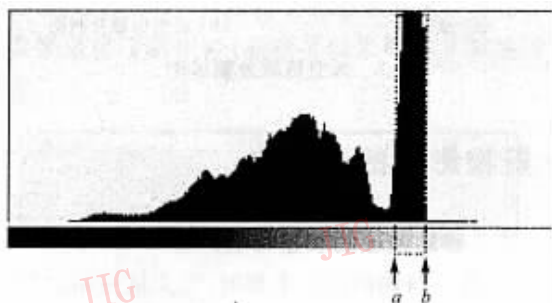
通过局部自适应增强的处理手段来对雾天下的景物影像进行清晰化处理。

2 天空与其他景物的分离

由于雾对光线有较强的散射作用,因此天空区域的灰度值比较高,虽然整个天空区域灰度值不是恒定的常值,但是其灰度都在一定的变化范围之内,如图 1(b)所示,在雾天下,图像的灰度直方图中,灰度值较大的地方均有一个比较陡峭的峰。与这个峰值所在的区域对应的是天空区域的灰度变化范围。考虑到一幅图像中天空部分的深度可近似认为是相同的,因此其灰度值的分布应该满足正态分布。



(a) 原图像



(b) 图 1(a)的灰度直方图

图 1 雾天城市图像及其灰度直方图

2.1 最佳近似正态分布的搜索算法

首先,从右向左扫描图像的灰度直方图(图 2 中的实线曲线),将所找到的最高峰值点记为 (h_{max}, p_{max}) ,已该点的横坐标(即灰度级数)作为初始正态分布的灰度均值 μ (即 $\mu = h_{max}$),则根据任意给定的标准差 σ 即可得到如下一个正态分布

$$y = p_{max} e^{-\frac{(h-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

式(1)为一个一维高斯函数,其中 p_{max} 为幅值, μ 为均值, σ 为标准差。正态分布与灰度分布曲线的偏差为

$$e = \sum_{h=0}^{255} |y(h, \sigma) - p(h)| \quad (2)$$

其中, h 为灰度级, $y(h, \delta)$ 为高斯函数在第 h 个灰度级上的取值, $p(h)$ 为第 h 个灰度级的灰度频数。

通过搜索,找到的满足下面性能指标的方差 $\hat{\sigma}$ 即为最佳近似正态分布的方差。

$$J(\hat{\sigma}) = \min \left\{ \sum_{h=0}^{255} |y(h, \sigma) - p(h)| \right\} \quad (3)$$

搜索步骤如下:

(1) 任意给定一个偏小的方差 σ_0 ,代入式(1)即得到初始的正态分布 y ,同时计算

$$e = \sum_{h=0}^{255} |y(h, \sigma) - p(h)|$$

(2) $\sigma = \sigma_0 + \delta_\sigma$,代入式(1)计算新的正态分布

$$y, \text{同时计算 } e = \sum_{h=0}^{255} |y(h, \sigma) - p(h)|.$$

(3) 判断是否 $e < e_0$,如果是,令 $e = e_0$,转步骤(1);否则所得到的以 μ 为均值,以 σ 为方差的正态分布即为最佳近似正态分布(如图 2 中虚线所描述的曲线)。

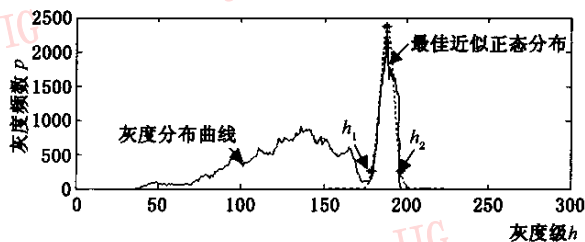
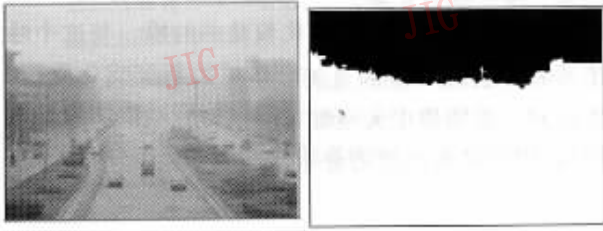


图 2 图像灰度分布曲线与近似正态分布曲线

2.2 分割天空阈值的确定

按照正态分布的性质,当 $\mu - 2\sigma \leq h \leq \mu + 2\sigma$ 时,因为其概率分布为总分布的 95% 左右,所以取灰度级 $[h_1, h_2]$, 其中, $h_1 = \mu - 2\sigma, h_2 = \mu + 2\sigma$ 为天空区域的灰度分布范围。对于彩色图像,取 $[h_1, h_2]$, 其中 $h_1 = \max\{h_{R_1}, h_{G_1}, h_{B_1}\}, h_2 = \max\{h_{R_2}, h_{G_2}, h_{B_2}\}$ (如图 2 所标注) 为天空区域的灰度分布范围。按照所得到的 $[h_1, h_2]$ 进行区域分割的结果如图 3 所示。



(a) 原图像

(b) 天空区域分割图

图 3 天空区域分割示例

3 景物影像的清晰化

2.1 基于移动模板的块重叠直方图均衡化方法

当图像中景物的深度未知时,则无法使用大气退化模型。从雾笼罩的城市图像来看,只要将图像的对比度作适当的提高,则可以达到清晰化的目的。由于不同深度的物体在雾中所呈现出的差异比较大,因此,可定义一个移动模板,而模板内的景物可以近似地看作是同深度的目标物,然后对模板中同深度的场景用块重叠直方图均衡化方法进行处理,就可对不同深度的目标物有不同的适应性,并且不会出现块效应。



(a) 40×30 模板处理效果



(b) 80×60 模板处理效果



(c) 160×120 模板处理效果

图 4 不同大小移动模板下的处理效果比较

2.2 信息综合处理

通过移动模块大小的选择虽然可以一定程度上克服噪声的干扰,但是噪声的干扰却依然存在。为了抑制噪声和使图像处理效果更自然,可通过将原始

设图像 f 大小为 $M \times N$, 结果图像为 g , 移动模板 A 的大小为 $m \times n$, 算法描述如下。

(1) 初始化: $k=0, l=0; x=1, y=1$ 。

(2) 判断图像当前的像素点 (x, y) 是否属于天空区域,如果是,则 $f(x, y)$ 不变;如果不是,则转第 3 步处理。

(3) 按照移动模板 A 的大小 $m \times n$ 取出图像 f 中的子块 f_A

$$f_A(x, y) = \{f(x, y) \mid x = [k+1, k+2, \dots, k+m], \\ y = [l+1, l+2, \dots, l+n]\}$$

(4) 对 f_A 做直方图均衡化处理,得到 g_A 。

(5) 将 g_A 拷贝到 g 中的相应区域中。

(6) 将模板 A 移动一个像素位置:

如果 $k < M - m$, 则 $k = k + 1$; 如果 $k = M - m, l < N - n$, 则 $l = l + 1$; 如果 $k = M - m, l = N - n$, 处理结束。

很显然,如果选取的移动模板尺寸小,则块重叠比较少,计算量就小,但会产生对比度拉伸程度大的处理效果,并会出现噪声放大现象;如果选取的移动模板大,则计算量大,同时在模板中含不同深度目标物的可能性就大,并致使对比度拉伸程度降低,清晰化效果不理想。图 4 是一幅实际拍摄的大小为 640×480 的图像,如果分别取 $40 \times 30, 80 \times 60, 160 \times 120$ 的移动模板对其进行处理,则可得到不同效果:如图 4(a) 中景物细节比较清晰,但是由于路面上的噪声也同时被增强,因而影响视觉效果;图 4(c) 虽然噪声得到一定程度的抑制,但是道路两边的建筑物却因较暗而很难分辨。为了克服这一矛盾,可通过对所拍摄的样本图像进行观察学习来确定合适的模板大小。

图像的灰度信息与处理后图像的灰度信息进行综合(图 5 中, $a < 1$ 表示原图像所占的比重, $1 - a$ 表示经处理得到的效果图所占的比重)来得到最终的处理结果。该综合算法的流程框图如图 5 所示。

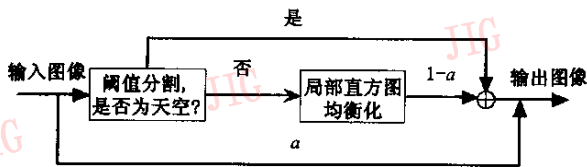


图 5 信息综合算法流程框图

3 实验结果与分析

2002 年秋冬季,西安有许多天都笼罩在大雾之中。通过对现场采集的若干天的数百幅样本图像进行的对比性实验结果表明,本方法对于雾天下的景物影像清晰化效果非常明显。图 6 给出了一幅图像的对比效果示例,该图像拍摄于 2002 年 10 月 31 日下午 2 点,图像大小为 640×480 ,实验移动模板大小为 80×60 。从实验结果可见,本算法可以大幅度

提高远景景物影像的清晰度。

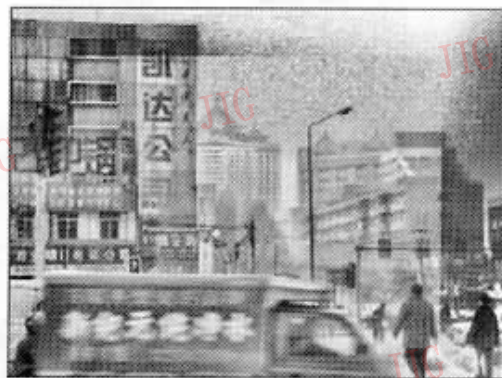
为了适应雾天下多深度场景各个目标物的不同退化,本文提出了一种新的影像清晰化方法。由于全局直方图均衡化方法会使某些细节信息无法增强,而局部直方图均衡化方法又会使噪声信息得到增强,特别是由于这种天空区域的噪声增强已经达到了破坏增强场景的程度,因此,本文利用图像中,天空区域的灰度分布特性,通过求出其最佳的近似正态分布,首先确定出天空区域,并对天空区域不做增强处理,之后对非天空区域,通过设计移动模板,以便使移动模板内的景物可近似地看作是同深度的,若对模板内的区域作块重叠直方图均衡化处理,则可以得到满意的效果。由于城市污染严重,空中的悬浮物或沙尘等都会造成能见度的降低,从物理成因上而言,由悬浮物、沙尘造成的图像退化与由雾带来的图像退化问题相似,同样可以采取本文算法进行处理。



(a) 原图像



(b) 全局直方图均衡化处理效果



(c) 局部直方图均衡化处理效果



(d) 本算法的处理效果

图 6 对比实验效果示例

参 考 文 献

1 Oakley John P, Satherley Brenda L. Improving image quality in

poor visibility conditions using a physical model for contrast degradation [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1998, 7(2):167~179.

- 2 Narasimhan Srinivasa G, Nayar Shree K. Removing weather effects from monochrome images [A]. In: Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition [C], Kauai, Hawaii, USA, 2001: 186~193.
- 3 Kim Tae Keun, Paik Joon Ki, Kang Bong Soon. Contrast enhancement system using spatially adaptive histogram equalization with temporal filtering [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1998, 44(1): 82~86.
- 4 Kim Joung-Youn, Kim Lee-Sup, Hwang Seung-Ho. An advanced contrast enhancement using partially overlapped sub-block histogram equalization [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2001, 11(4): 475~484.



祝培 1981年生, 2001年获西安理工大学自动化专业学士学位, 现为西安理工大学自动化与信息工程学院在读研究生。主要研究方向图像恢复和弱化图像增强。



朱虹 1963年生, 1999年获日本福井大学信息工程学博士学位, 现为西安理工大学信息与自动化工程学院教授。主要从事图像处理与应用、图像自动识别技术、图像压缩编码以及模式识别等方面的研究。



钱学明 1975年生, 西安理工大学自动化与信息工程学院在读研究生。主要研究方向为图像分割和视频压缩。



李晗 1980年生, 西安理工大学自动化与信息工程学院在读研究生。主要研究方向为图像处理与识别。