

基于直方图规定化的图像去雾算法

王万国^{1,2}, 王滨海^{1,2}, 张晶晶^{1,2}, 李丽^{1,2}

(1. 国网山东省电力公司电力科学研究院 国家电网公司电力机器人技术实验室, 山东 济南 250002;
2. 山东鲁能智能技术有限公司, 山东 济南 250101)

摘要:直方图规定化是图像增强领域一个常用的算法,文中提出一种通过高斯函数加权的直方图规定化的图像去雾算法。首先通过分析晴天与雾霾天气下图像的直方图的特点,提出一种通过对高斯函数中方差的改变和高斯函数的加权的方式,解决了原有的单纯高斯函数直方图规定化图像偏暗的问题。通过实验图像的对比可以看出,文中提出的算法可有效去除雾霾天气的影响,其处理效果明显优于直方图规定化算法,而且计算量小、处理速度快、不需要人工干预。

关键词:高斯函数;直方图规定化;图像去雾;加权

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)09-0241-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.09.057

Image Haze Removal Algorithm Based on Histogram Specification

WANG Wan-guo^{1,2}, WANG Bin-hai^{1,2}, ZHANG Jing-jing^{1,2}, LI Li^{1,2}

(1. Electric Power Robotics Laboratory of SGCC, Shandong Electric Power Research Institute,
Jinan 250002, China;

2. Shandong Luneng Intelligence Technology Co., Ltd., Jinan 250101, China)

Abstract: Histogram specification is a commonly used algorithm in image enhancement field. Propose an image haze removal algorithm of histogram specification based on the weighted Gaussian probability density function (Gaussian PDF) in this paper. Firstly, analyzing the characteristics of image histogram that captured in sunny, fogging and haze weather. Then, solve the weak intensity problem of image specification of the single Gaussian function through changing the variance and weighted Gaussian PDF. The experimental results show the algorithm is able to remove the fog effectively, which is superior to the some existing algorithms of histogram specification about efficiency. It also has many advantages such as low computation, fast processing speed, no manual intervention.

Key words: Gaussian function; histogram specification; image haze removal; weighted

1 背景

雾是由大量悬浮在近地面空气中的微小水滴或冰晶组成的气溶胶系统,是近地面层空气中水汽凝结的产物。霾是由空气中的灰尘、硫酸、硝酸、有机碳氢化合物等粒子组成。空气中杂质是雾霾形成的主要因素,也是图像产生退化的根本原因^[1],会直接导致图像质量下降,图像清晰度降低,这是由于成像景物反射光线与大气中随机介质作用而发生了散射,一部分光线偏离原来路径,造成目标反射光的衰减;另一方面,接收到的光线还混合有大气光(经大气分子散射的周围环境光)。各种恶劣天气制约了室外机器视觉应用的推广。比如在高速公路图像监视系统,由于受到雾霾

等恶劣天气的影响,采集到的视觉信息不具有可辨识性,无法用来辅助或监控交通;在遥感探测中,受到大气随机介质的影响,遥感图像严重退化,对后续的信息处理产生很大的干扰;在军事侦察或者监视中,由于图像退化,造成信息的识别能力和侦查能力下降,从而导致严重的后果。在图像监控和计算机视觉领域,图像去雾有着广泛的需求。由于场景的能见度降低,图像中目标对比度和颜色等特征被衰减,去雾能显著提高景象的清晰度并且更正因空气杂质而带来的颜色失真,并且,大多数的计算机视觉算法,从低级别的图像分析,到高级别的目标识别,一般会假定输入图像即景物的原始光线会聚所成。视觉算法(例如特征检测、

收稿日期:2013-11-05

修回日期:2014-02-11

网络出版时间:2014-07-17

基金项目:国家电网科研基金项目(2012A-17)

作者简介:王万国(1984-),男,硕士,山东莘县人,研究方向为目标跟踪、图像分割、图像预处理等。

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140717.1233.049.html>

滤波等)的实现会不可避免地因为偏光、低对比度图像而不理想。通过图像去雾,改善图像的视觉效果可以在很大程度上提高其适用性,更好地满足人类的应用,具有深远的意义。

目前国内外对去雾霾算法的研究主要分两大类:

(1)非模型的图像增强方法^[2-5],该方法能有效地增加降质图像的对比度,突出图像中的某些细节,满足主观视觉要求,从而达到清晰化的目的。同时,文献[2]提出一种插值自适应直方图均衡化算法,避免了重叠的局部处理;文献[3]提出基于图像局部方差的保持灰度级和亮度的雾天图像增强算法。然而,上述方法对图像中空区域误增强将导致景物信息表现的不够自然。

(2)基于模型的图像复原方法^[6-8],该方法基于雾天成像的物理模型,通过反推成像过程,达到图像去雾的目的,但需要获得场景的深度信息,因而需要通过辅助信息或者多幅图像进行去雾处理。为了适应各种应用场合,基于单幅图像的去雾算法成为当前研究的热点。Tan^[6]利用最大化复原图像的局部对比度来达到去雾的目的,但是复原后图像颜色过于饱和;Fattal^[7]假设透射率和场景目标表面投影的局部不相关性来推导出透射率,但是复原后图像失真较大;He 等人^[8]针对以上问题提出了一种基于暗原色先验的单幅图像去雾算法,但时间复杂度高的缺点限制了它的应用范围;张冰冰^[9]等人通过自适应调节透射率下限值和大气光成分值,扩大了去雾处理的适用范围。

直方图规定化^[10-11]是一种典型的非模型的图像增强方法,它以概率论为基础,利用图像灰度的点运算来实现直方图变换,即通过扩展图像的动态灰度范围来改善图像的视觉效果,以达到图像增强的目的。通过利用一个灰度变换函数来修正输入图像的直方图,使其趋向指定的形状,以增大图像灰度级的动态范围,达到图像对比度增强的目的。直方图规定化是在运用均衡化原理的基础上^[12],通过建立原始图像和期望图像之间的关系,按照预先设定的某个形状来调整图像的直方图,使原始图像的直方图变成规定的形状,从而弥补了直方图均衡不具备交互作用的特性。

文中通过分析雾霾天图像灰度直方图的特点,以基于高斯函数直方图规定化为基础,提出了一种基于高斯函数加权的直方图规定化的图像去雾算法。

2 基于高斯函数的直方图规定化

2.1 雾霾天气下图像直方图特点

由于雾霾的影响,导致获得的图像整体灰度较为集中,图1(a)、(c)、(e)是几幅不同雾霾状况下的图像,(b)、(d)、(f)是其对应的灰度图像直方图。从其

直方图可以看出雾霾天降质图像的灰度级动态范围变得越来越窄,随着雾霾状况加重,直方图会越来越集中在一个较小的范围以内,对比度也越来越低,景物边缘细节信息表现越来越模糊,导致视觉效果降低,甚至看不清,尤其在图1(c)、(e)中更为明显。

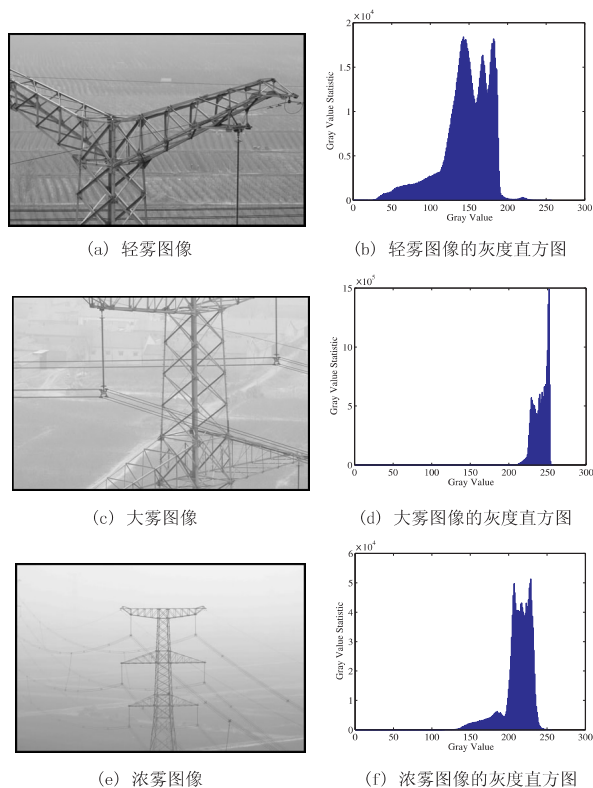


图1 不同雾况图像及其对应的灰度直方图

2.2 高斯直方图规定化

一幅灰度级数为 s 的原始输入图像,其灰度概率密度函数可表示为 $p(r_i)$,其中 $1 \leq i \leq s$, r_i 为对应 i 时的灰度值,则灰度平均值 μ 和方差 σ 分别定义如式(1)和式(2)所示,其中方差 σ 表示的意义为图像灰度平均对比度的度量。

$$\mu = \sum_{i=0}^{s-1} r_i p(r_i) \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=0}^{s-1} (r_i - \mu)^2 p(r_i)} \quad (2)$$

高斯函数一般表示为:

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}n} \exp\left(-\frac{(x-m)^2}{2n^2}\right) \quad (3)$$

其中, m 表示高斯函数的数学期望值; n 表示高斯函数的方差。

利用高斯曲线来规定输出图像的直方图^[13-14],图像的数学期望值设定为原始图像的灰度平均值的 k_1 倍。

$$m = k_1 \mu \quad (4)$$

高斯方差设定为处理后图像的灰度平均对比度 n 。

$$n = k_2 \sigma \quad (5)$$

其中, k_1 、 k_2 分别为均值修正因子和对比度扩展因子。

将新的均值 m 和高斯方差 n 代入式(3)得:

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(k_2\sigma)} \exp(-(x - (k_1\mu))^2 / 2(k_2\sigma)^2) \quad (6)$$

将 $P_z(r)$ 作为输出图像的直方图概率密度函数, 对原图像进行直方图规定化处理, 就可实现原始图像的增强。选择不同的 k_1 、 k_2 就能够获得不同均值和对比度的输出图像。

2.3 图像去雾中的应用

高斯直方图规定化去雾的原理是: 通过高斯函数来修正雾霾天图像的直方图, 进而改变原始雾霾图像的灰度分布。通过高斯函数的作用, 既保持了原有图像部分像素集中于某一灰度范围内, 又对图像的灰度区间进行了拉伸, 加强了图像整体的对比度, 可有效地突出图像的细节, 达到图像去雾的目的。由公式(4)可知, 均值修正因子 k_1 增大, 变换后图像整体的灰度值变大, 图像向亮区扩展, 图像整体变亮; 反之, 图像向暗区扩展, 图像整体变暗。对比度扩展因子 k_2 变大, 图像整体对比度增大; 反之, 图像整体对比度减小。图2为 $\mu = 225$, $k_1 = 1$, k_2 分别为1和2时的高斯函数图像。分析两条曲线可知, k_2 增大在图像整体对比度增大的同时, 对图像的细节的突出并不明显, 这使得图像偏暗。通常 k_1 设置为1, 只改变对比度扩展因子 k_2 , 但是, k_2 减小, 在图像整体对比度减小的同时, 图像的灰度范围减少, 会使图像的细节的突出并不明显, 使得图像偏暗。

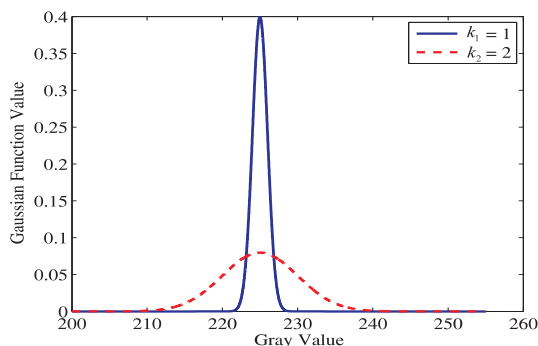


图2 高斯函数直方图

3 高斯函数加权直方图规定化

为解决上述问题, 文中提出一种高斯函数加权的直方图规定化的图像去雾算法。该算法采用高斯函数模型来模拟图像的灰度级分布, 用不同系数来调整对应高斯函数在直方图规定中所占的权重, 进而实现将图像进行直方图规定化, 既保证原有图像的对比度, 又

不使原图像偏暗, 从而达到图像去除雾霾的目的。

高斯函数的加权形式如式(7)所示:

$$P_z(r) = \alpha * G_1 + \beta * G_2 \\ = \alpha * \frac{1}{\sqrt{2\pi}(k_{12}\sigma)} \exp(-(x - (k_{11}\mu))^2 / 2(k_{12}\sigma)^2) + \beta * \frac{1}{\sqrt{2\pi}(k_{22}\sigma)} \exp(-(x - (k_{21}\mu))^2 / 2(k_{22}\sigma)^2) \quad (7)$$

其中, α 、 β 分别为加权系数, 并且 $0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 1$, 同时 $\alpha + \beta = 1$; k_{11} 和 k_{21} 分别为高斯函数 G_1 和 G_2 对应的均值修正因子; k_{12} 和 k_{22} 分别为高斯函数 G_1 和 G_2 对应的方差修正因子。

通过对 k_{11} , k_{21} , k_{12} 和 k_{22} 的设置达到既能有效扩展图像灰度的动态范围, 又能实现对暗区的处理的目的。通过不同高斯函数的加权达到优化直方图分布效果, 从而实现图像增强的目的, 最终改善图像去雾质量。

4 实验

为了验证文中所述方法的有效性, 对基于高斯函数加权直方图规定化的图像去雾算法与原有的算法进行了比较, 实验数据来源于国网山东省电力公司的无人机拍摄获得的输电线路的图像。

在测试图像中, 一般保持原图像的均值不变, 通过改变方差来实现对比度的拉伸, 既要保证原有图像的灰度的均值, 又要保证在暗区、亮区有相应的灰度分布。通过图2也可以看出, 通过设置 k_{12} 和 k_{22} , 可在保证灰度的集中分布的同时能对图像的整体灰度分布进行拉伸。因此, $k_{11} = k_{21} = 1, k_{12} = 0.5, k_{22} = 2$ 。图3(a)为无人机拍摄的某输电线路杆塔的远景图像, 图3(b)、(c)分别为通过高斯函数直方图规定化和基于高斯加权直方图规定化的图像去雾算法的实现效果。通过对比可以看出, 图像的整体对比度得到明显增强, 同时对图像中的较暗区域也较好地进行了抑制。



(a) 输电线路图像



(b) 高斯函数直方图规定化的算法去雾后图像



(c) 基于高斯加权直方图规定化的算法去雾后图像

图3 不同算法对输电线路图像(远景)去雾后图像的对比

图 4(a)、(b)分别为图 3(a)、(c)的直方图,可看出通过基于高斯加权直方图规定化的图像去雾算法处理后的图像(见图 3(c))直方图的灰度分布更分散,表现为图像对比度更为明显,线路及杆塔信息较清晰。

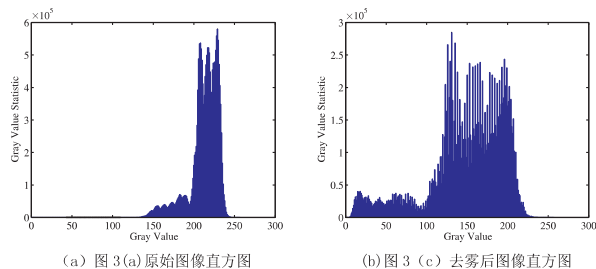


图 4 原始图像和去雾后图像的直方图

5 应用

由于高压输电线路长期暴露在户外,受自然环境的影响,故障发生的频率较高,而复杂的地理环境、广阔的穿越面积和多变的天气气候,使得定期检修工作量剧增,人工巡线更加危险,检修人员紧缺,巡检效率和准确率也降低。目前,代替人工巡检多采用无人(或有人)直升机,但是对于巡检获得的大量巡检图像通过人工寻找缺陷是一项复杂的工程,特别是恶劣天气下巡检过程中的图像中的设备不能清晰辨认,如何进行缺陷分析成为亟需解决的一个问题。

近年来,由于巡检的线路部分经过山区森林,巡检的图像多有雾天的影响,同时受空气污染等各方面的影响,霾天气也逐渐增多,这两种天气下都会使电力设施的运行受到重要的影响。雾的影响即湿度的影响,会导致电力系统设备外绝缘表面受潮,外绝缘水平下降,从而造成污闪现象;霾的影响即大气中污秽物的影响,会使电力系统设备外绝缘表面污秽度增加,与高湿度环境叠加后,也可能造成污闪。为有效获得污闪后对电力的影响,了解污闪所处的位置至关重要。文中就雾霾天气获得的图像通过预处理的方式获得清晰的效果,有助于后续设备缺陷的定位与判断,这将对电力设施的维护具有重要的意义。



图 5 图像去雾效果图

图 5 为利用文中改进算法对无人机拍摄的输电线路图像的实现效果图,(a)、(b)两幅图像分别为图 1(a)、(c)处理后的效果图像。可看出原图为无人机拍摄的输电线路远景、近景及设备细节图像,受大雾的影

响,图像中的导线及相应的设备模糊。通过文中改进算法处理后,图像的对比度得到增强,设备中的导线及杆塔特征清晰,这有助于后续设备缺陷诊断和分析。

6 结束语

文中通过改进基于高斯函数的直方图规定化算法,通过高斯函数加权的方式实现对雾天图像的增强,有效地降低了雾霾天气的影响,提高了图像的清晰度,为后续基于图像的缺陷诊断等提供了基础,对输电线路的缺陷诊断具有重要的实用价值。同时,这一技术也将有助于计算机视频监控系统在交通导航,目标跟踪、监控等领域在雾霾等恶劣天气下的应用。

参考文献:

- [1] McCartney E J. Optics of the atmosphere; scattering by molecules and particles[M]. [s. l.]: John Wiley and Sons, 1975.
- [2] 王 萍,张 春,罗颖昕. 一种雾天图像低对比度增强的快速算法[J]. 计算机应用, 2006, 26(1): 152-153.
- [3] 詹 翔,周 焰. 一种基于局部方差的雾天图像增强方法[J]. 计算机应用, 2007, 27(2): 510-512.
- [4] Kim J Y, Kim L S, Hwang S H. 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.
- [5] 王多超,王永国,董雪梅,等. 贝叶斯框架下的单幅图像去雾算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2010, 22(10): 1756-1761.
- [6] Tan R T. Visibility in bad weather from a single image[C]// Proceedings of IEEE conference on computer vision and pattern recognition. Anchorage, Alaska, USA: IEEE, 2008: 1-8.
- [7] Fattal R. Single image dehazing[J]. ACM Transactions on Graphics, 2008, 27(3): 1-9.
- [8] He K M, Sun J, Tang X O. Single image haze removal using dark channel prior[C]// Proceedings of IEEE conference on computer vision and pattern recognition. Miami: [s. n.], 2009: 1956-1963.
- [9] 张冰冰,戴声奎,孙万源. 基于暗原色先验模型的快速去雾算法[J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(2): 184-188.
- [10] Gonzales R C, Woods R C. Digital image processing[M]. 3rd ed. USA: Prentice Hall, 2008.
- [11] Celik T, Tjahjadi T. Automatic image equalization and contrast enhancement using Gaussian mixture modeling[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2012, 21(1): 145-156.
- [12] 曹聚亮,吕海宝,谭晓波,等. 可保留图像细节的直方图修正法[J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(5): 631-635.
- [13] 肖 斌,王 晖,毕秀丽,等. 一种基于高斯函数的直方图规定化算法[J]. 铁道学报, 2006, 28(4): 119-122.
- [14] 吴树峰,蔡万红. 直方图规定化算法的研究[J]. 科技信息, 2008(27): 435-436.

基于直方图规定化的图像去雾算法


作者:

[王万国](#), [王滨海](#), [张晶晶](#), [李丽](#), [WANG Wan-guo](#), [WANG Bin-hai](#), [ZHANG Jing-jing](#), [LI Li](#)

作者单位:

[国网山东省电力公司电力科学研究院 国家电网公司电力机器人技术实验室, 山东 济南 250002; 山东鲁能智能技术有限公司, 山东 济南 250101](#)

刊名:

[计算机技术与发展](#)

英文刊名:

[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):

2014(9)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201409057.aspx