

DOI: 10.15923/j.cnki.cn22-1382/t.2017.5.10

# 基于改进形态学消除光照不均匀算法

张强, 谢家欣, 于微波\*, 丁春元

(长春工业大学 电气与电子工程学院, 吉林 长春 130012)

**摘要:** 对光照度不均的原图进行先膨胀后腐蚀处理, 通过顶帽变换去除提取到的图像背景, 再对原图进行边缘检测, 提取边缘信息来弥补由于顶帽变换造成的边缘信息缺失, 可以有效地去除阴影, 保持连续的边缘。

**关键词:** 光照度不均; 顶帽变换; 边缘检测

**中图分类号:** TP 391.41    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1674-1374(2017)05-0464-04

## Algorithm of eliminating uneven illumination based on morphology

ZHANG Qiang, XIE Jiaxin, YU Weibo\*, DING Chunyuan

(School of Electrical & Electronic Engineering, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

**Abstract:** The original images with uneven illumination are dealt with open operation first and then the image background are extracted with top-hat transform. The edge information of the original image is detected and extracted to compensate the edge deficiency generated from top-hat transform.

**Key words:** uneven illumination; top-hat transform; edge detection.

## 0 引言

工业现场中, 因为周围环境复杂, 且光照情况不固定, 所采集到的图像常常会出现光照不均匀现象, 难以解决<sup>[1-2]</sup>。光照不均匀是影响分析结果和图像测量精度非常重要的因素之一, 由于光照度不均匀产生了大量的背景噪声, 在一定程度上使图像的原始面貌产生变化, 也加大了工件尺寸测量及后续图像处理的难度<sup>[3]</sup>。因此, 针对工件尺寸测量, 去除光照不均匀算法的研究具有深刻的实际意义。

## 1 基于形态学的去除光照度不均方法研究

### 1.1 形态学处理的基本原理

基于形态学去除光照不均匀算法主要采用顶帽变换来消除光照不均匀所产生的影响。对采集到的图像先进行灰度开启运算, 即灰度腐蚀之后膨胀, 进而得到光照不均匀的背景图像。再通过顶帽变换, 即原图像减去提取的背景图像, 从而消除光照度不均匀带来的影响<sup>[4]</sup>。

开启运算和闭合运算在灰度图像中的形式分别用  $f \circ b$ 、 $f \cdot b$  表示, 定义为:

$$f \circ b = (f \ominus b) \oplus b \quad (1)$$

收稿日期: 2017-07-25

基金项目: 吉林省科技厅基金资助项目(20140204018GX)

作者简介: 张强(1992-), 男, 汉族, 吉林长春人, 长春工业大学硕士研究生, 主要从事机器视觉检测技术方向研究, E-mail: palmchang@outlook.com. \* 通讯作者: 于微波(1970-), 女, 汉族, 吉林长春人, 长春工业大学教授, 硕士, 主要从事机器视觉测量与控制技术方向研究, E-mail: yuweibo@ccut.edu.cn.

$$f \cdot b = (f \oplus b) \ominus b \quad (2)$$

式中:  $b$  ——结构元素;

$f$  ——输入图像。

顶帽变换是由基本的灰度形态学腐蚀和膨胀运算构成, 而灰度形态学的腐蚀与膨胀操作数学表达式与数字图像处理当中的卷积运算类似<sup>[5-7]</sup>, 只是采用和与差的方式来代替连续相乘, 以取最大运算和最小运算代替求和运算。图像  $f$  的顶帽变换  $h$  为图像之间的开运算之差, 表示为:

$$h = f - (f \circ b) \quad (3)$$

### 1.2 形态学消除光照度不均匀算法

首先进行开启运算, 即用结构元素  $b$  对原始图像  $f$  进行腐蚀运算, 再进行膨胀运算, 提取出图像的背景  $k$ ; 然后运用顶帽变换, 即原图像  $f$  减去所提取的背景图像  $k$ , 得到消除光照不均匀之后的图像  $h$ <sup>[8]</sup>。在顶帽变换时会造成灰度降低的现象, 所以还需要对其进行灰度拉伸操作。基于形态学消除光照度不均匀算法实验如图 1 所示。

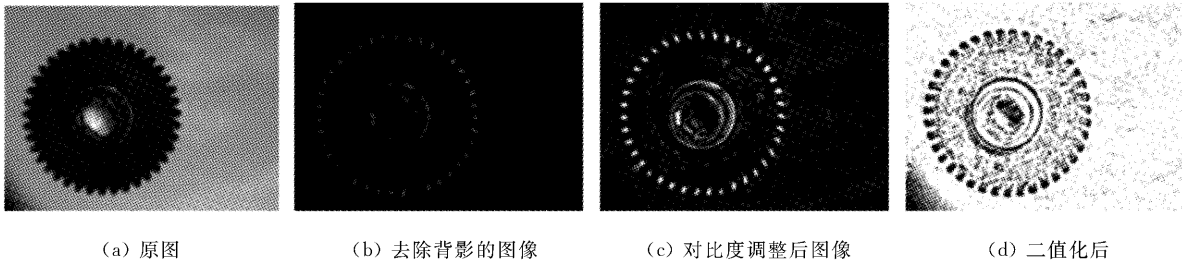


图 1 基于形态学消除光照度不均匀算法实验

选取在环境光照射下采集到的图像进行实验, 先对原图像进行开启运算, 提取到原图像背景; 再经过顶帽变换, 得到去除背景后的图像(见图 1(b)), 能够看出经过顶帽变换后的图像比较暗, 还需要进行灰度拉伸, 以此增加图像的亮度, 得到对比度调节后的图像(见图 1(c))。最后, 将调整对比度的图像二值化, 得到二值化图像(见图 1(d))。

由图 1 实验结果可以看出, 基于形态学去除光照度不均方法对消除光照不均匀的影响效果较好, 但会造成图像边缘细节信息的缺失, 使边缘变得模糊, 影响测量的精度。

## 2 改进的形态学消除光照度不均匀算法

由于基于形态学去除光照不均匀算法存在边缘细节模糊的问题, 所以需要对其进行改进。改进算法的主要核心在于对原始图像边缘检测, 提取边缘信息后, 用所提取的边缘信息来弥补顶帽变换造成的边缘缺失。相比较其他边缘检测算子, 高斯-拉普拉斯(LOG)算子计算量小, 运算简单, 速度快, 在有效避免噪声影响前提下, 能够有效保护边缘细节信息, 平滑图像, 提取较细的边缘

信息, 并能够得到连续的边缘。所以, LOG 算子可较好地提取采集工件图像边缘信息。

先用高斯函数对图像进行滤波, 再对滤波后的图像进行拉普拉斯运算, 边界点为其值等于零的点<sup>[9]</sup>。

LOG 运算:

$$h(x, y) = \nabla^2 [g(x, y)] * f(x, y) \quad (4)$$

根据卷积求导法可得:

$$h(x, y) = [\nabla^2 g(x, y)] * f(x, y) \quad (5)$$

式中:  $f(x, y)$  ——图像;

$g(x, y)$  ——高斯函数。

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right] \quad (6)$$

对式(6)求关于  $x$  的一阶偏导数, 可以得到:

$$\frac{\partial g(x, y)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right] = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right] \left(-\frac{x}{\sigma^2}\right) \quad (7)$$

对式(7)求  $x$  的偏导, 即得到高斯函数  $g(x, y)$  的二阶偏导:

$$\frac{\partial^2 g(x, y)}{\partial x^2} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right] \left(-\frac{x^2}{\sigma^4}\right) + \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right] \left(-\frac{1}{\sigma^2}\right) = \frac{1}{2\pi\sigma^4} \exp\left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right] \left(\frac{x^2}{\sigma^2} - 1\right) \quad (8)$$

同理, 求出  $g(x, y)$  关于  $y$  的二阶偏导:

$$\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2} = \frac{1}{2\pi\sigma^4} \exp\left[-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right] \left(\frac{y^2}{\sigma^2} - 1\right) \quad (9)$$

故

$$\nabla^2 g(x,y) = \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2} = \frac{1}{2\pi\sigma^4} \left(\frac{x^2+y^2}{\sigma^2} - 2\right) \exp\left[-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right] \quad (10)$$

基于 LOG 边缘检测的形态学消除光照不均匀算法的基本思想是:先进行开启运算,提取背景,再运用顶帽运算,消除光照不均的影响,最后

提取边缘信息,进行边缘修复。算法具体流程如图 2 所示。

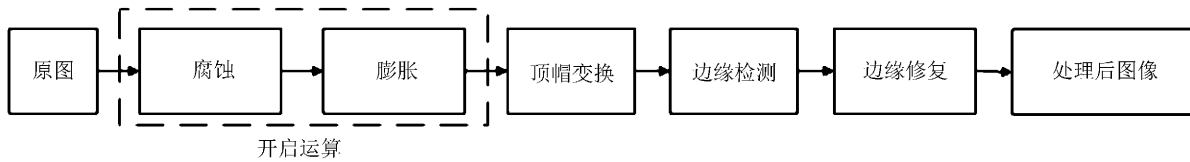


图 2 改进后的形态学消除光照不均匀算法流程

其基本步骤如下:

1) 获取原始图像,先腐蚀后膨胀,即开运算,消除小颗粒噪声,平滑边界,断开阴影和物体之间的粘连,提取图像背景;

2) 对图像进行顶帽变换,得到去除背景后的图像,突出了比原图轮廓更加明亮的区域,弥补由于开运算产生的裂缝和低亮度区域,消除光照不均匀造成的影响;

3) 对比与研究各种传统的边缘检测算子,选择 LOG 算子对原始图像进行边缘检测提取;

4) 用所提取的边缘信息来弥补顶帽变换造成

的边缘缺失,并对边缘信息进行修复,最终得到改进算法处理后的图像。

### 3 实验结果及分析

由于工业采集环境光比较复杂,实验室无法模拟复杂的工业采集环境的光照,文中通过 3 种光照来验证算法去除光照不均匀的效果。分别为对环境光照射下采集的齿轮工件图像、LED 光源垂直照射下采集的齿轮工件图像和 LED 光源斜射下采集的齿轮工件图像进行去除光照不均匀实验,实验结果如图 3~图 5 所示。

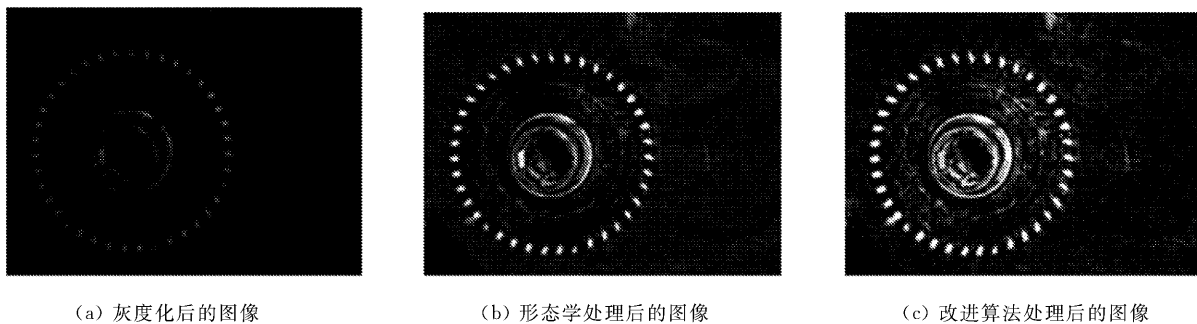


图 3 对环境光照射下的图像进行改进算法实验

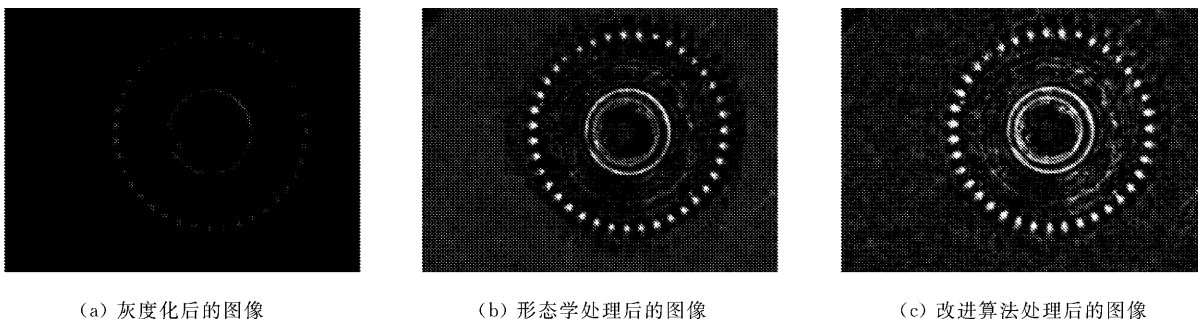


图 4 对 LED 光源垂直光照射下的图像进行改进算法实验

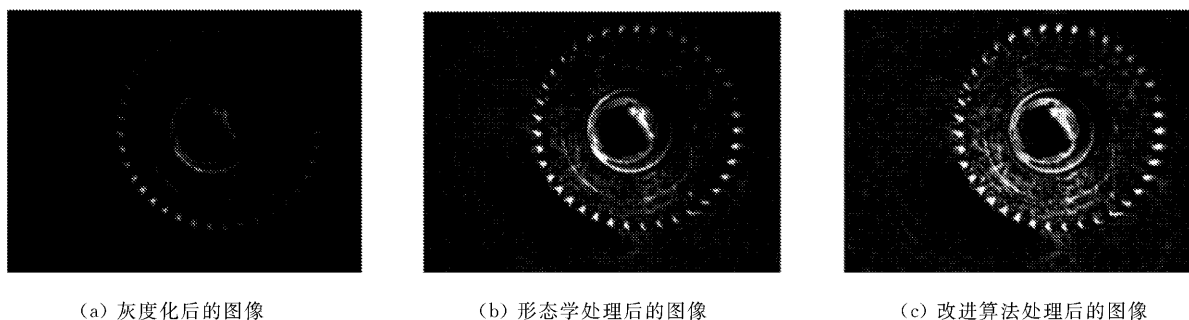


图5 对LED光源斜射下的图像进行改进算法实验

通过3组实验对比可以看出,形态学处理后的图像边缘仍有断裂,边缘信息不够连续,而经过边缘修复后,改进后的图像(c)边缘要比改进之前的图像(b)清晰,有效地解决了边缘信息不连续的问题,保持了边缘信息的良好。

#### 4 结 语

针对工业采集图像时复杂环境光对工件图像的影响,提出了一种基于形态学消除光照度不均匀的算法,通过对3种光照条件下采集到的齿轮工件图像进行实验可以看出,经过边缘处理、修复后的图像具有清晰的边缘信息,且连续。文中提出的算法能够弥补基于形态学消除光照不均匀算法的不足,不仅消除了光照不均匀的影响,而且保持了图像的边缘,效果良好,算法简单,易于实现。

#### 参考文献:

- [1] 史东承,于明会.基于数学形态学滤波的灰度图像边缘检测[J].长春工业大学学报:自然科学版,2008,29(3):283-286.
- [2] 王宏志,刘媛媛,孙琦.基于小波变换矩阵的改进脊波变换图像去噪[J].吉林大学学报:理学版,2010,48(1):99-103.
- [3] 孙忠贵.数字图像光照不均匀校正及 Matlab 实现[J].微计算机信息,2008,24(3/4):313-314.
- [4] 马士友,付致伟.基于直方图均衡和幂次变换的灰度图像增强算法[J].计算应用与软件,2013,30(4):261-263.
- [5] 陈萧枫,潘保昌,郑盛林,等.用顶帽变换估计并消除图像背景[J].微计算机信息,2008,24(3):310-311.
- [6] Jackway P T. Improved morphological Top-Hat [J]. IEEE Elec-tronics Letters, 2000, 36(14): 1194-1195.
- [7] Xiangzhi Bai, Fugen Zhou. Multi scale top-hat transform based algorithm for image enhancement [C]//Proceeding of Signal Processing, 2010. Beijing: IEEE, 2010:797.
- [8] 王升峰,杨永全.基于顶帽变换和 LBP 算子的纹理特征提取方法[J].软件导刊,2016,15(12):5-7.
- [9] 严国萍,何俊峰.高斯-拉普拉斯边缘检测算子的扩展研究[J].华中科技大学学报:自然科学版,2006,34(10):21-23.