

文章编号: 1672-8785(2009)07-0045-04

一种改进的红外图像增强算法

李颖杰^{1,2} 杨 华¹ 王宝荣¹ 杨 明¹

(1. 解放军电子工程学院安徽省红外与低温等离子体重点实验室, 安徽合肥 230037;

2. 空军第五飞行学院, 甘肃武威 733003)

摘 要: 根据红外图像的特性, 对通常的红外图像增强算法进行了比较分析, 提出了一种基于 Butterworth 高通滤波器的高频强调滤波并结合直方图均衡化的红外图像增强算法。首先, 利用 Butterworth 高通滤波器将图像分为高频分量和低频分量, 然后使用高频强调滤波对高频部分进行强调处理, 最后, 对图像直方图进行均衡化处理, 得到增强后的图像。实验结果表明, 图像经过处理后突出了细节信息, 改善了整体视觉效果, 得到的结果令人满意。

关键词: 红外图像增强; Butterworth 高通滤波器; 高频强调滤波; 直方图均衡化

中图分类号: TN911.73 **文献标识码:** A

An Improved Algorithm for Infrared Image Enhancement

LI Ying-jie^{1,2}, YANG Hua¹, WANG Bao-rong¹, YANG Ming¹

(1. Key Lab of Infrared and Low Temperature Plasma of Anhui Province,

Electronic Engineering Institute, Hefei 230037, China;

2. The Fifth Flight College of Air Force, Wuwei 733003, China)

Abstract: The common image enhancement algorithms are analyzed comparatively according to the characteristics of infrared images. An infrared image enhancement algorithm based on the high frequency emphasis filtering of a Butterworth high pass filter and the histogram equalization is proposed. First, an infrared image is divided into a high frequency part and a low frequency part by using the Butterworth high pass filter. Then, the high frequency part is processed emphatically by using a high frequency emphasis filter. Finally, the histogram of the image is processed in equalization so as to obtain an enhanced image. The experimental results show that in the processed image, the detailed information is apparent and the visual effect is improved. The processing result is satisfied.

Key words: infrared image enhancement; Butterworth high pass filter; high frequency emphasis filter; histogram equalization

1 引言

红外图像呈现出分辨率低、对比度低、视觉效果模糊和信噪比低等缺陷^[1]。通过提高红外图像对比度来增强视觉效果, 以利于后续工作, 这已成为红外图像处理的一个重要内容。红外

图像增强不是以图像保真度为原则, 而是通过有选择地突出便于人或机器分析某些感兴趣的信息, 抑制一些无用信息, 以提高图像的使用价值。本文提出了一种基于 Butterworth 高通滤波器的高频强调滤波并结合直方图均衡化的方法。该方法可增强红外图像的结构及细节, 处理后

收稿日期: 2009-01-16

作者简介: 李颖杰(1983-), 男, 内蒙古呼和浩特市人, 硕士研究生, 研究方向为红外对抗及图像处理技术。E-mail: liyingjieeip@sina.com.cn

效果明显,更好地提高了红外图像的细节清晰度。

2 Buterworth 高通滤波器

由于图像中的边缘及急剧变化的部分与图像的高频分量有关,因此利用高通滤波器衰减图像信号的低频部分能相对增强图像的高频部分,从而实现图像锐化的目的。常用的高通滤波器有理想高通滤波器、Buterworth 高通滤波器、高斯高通滤波器和梯形高通滤波器。在诸多高通滤波器中,Buterworth 高通滤波器没有“振铃”现象,对低频部分的抑制效果更加明显,能够提高图像的细节清晰度,所以,本文的算法采用的是 Buterworth 高通滤波器^[2,3]。

设 n 阶 Buterworth 高通滤波器的传递函数如式 (1) 所示:

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D_0}{D(u, v)} \right]^{2n}} \quad (1)$$

式中

$$D(u, v) = \sqrt{u^2 + v^2} \quad (2)$$

式中, D_0 为截止频率, n 为正整数。 n 越大,衰减速度就越大。当 $n = 1$ 时,没有振铃效应,图像的细节和清晰度也得到了提升; n 越大,振铃效应越明显。但是,当 n 趋向无穷大时,它就变成了理想高通滤波器。

3 高频强调滤波

高通滤波器削弱了傅里叶变换的低频,而高频则保持相对不变,这样会突出图像的边缘和细节,使得图像边缘更加清晰^[4]。由于高通滤波器偏离了直流项,从而把图像的平均值降低到了零,但可以通过给高通滤波器加上一个偏移量作为补偿,偏移量与滤波器乘以一个大于 1 的常数相结合,这种方法就称为高频强调滤波,该常数突出了高频部分。这个乘数同时增加了低频部分的幅度,但只要偏移量和乘数比较小,低频增强的影响就弱于高频增强的影响。

设高频强调滤波器的传递函数为

$$H_q(u, v) = a + bH(u, v) \quad (3)$$

式中, a 为偏移量, b 为乘数, $H(u, v)$ 是高通滤波器的传递函数。

4 直方图均衡化

4.1 功能与效果

直方图均衡化是将原始图像不均衡的直方图变换成均匀分布的形式,即将输入图像转换为在每一灰度级上都有相同的像素点数(即输出的直方图是平坦的,其分布是均匀的)^[2]。直方图均衡化的结果是扩展了像元取值的动态范围,从而达到增强图像整体对比度的效果。

4.2 原理与算法

图像的概率密度函数(PDF, 归一化到单位面积的直方图)的定义为

$$p(x) = \frac{1}{A_0} H(x) \quad (4)$$

式中, $H(x)$ 为直方图, A_0 为图像的面积。

设转换前图像的概率密度函数为 $p_r(r)$, 转换后图像的概率密度函数为 $p_s(s)$, 转换函数为 $s = f(r)$ 。由概率论可得

$$p_s(s) = p_r(r) \frac{dr}{ds} \quad (5)$$

这样,如果想使转换后图像的概率密度函数为 1 (直方图为平的), 必须满足

$$p_r(r) = \frac{ds}{dr} \quad (6)$$

等式两边对 r 积分, 可得

$$s = f(r) = \int_0^r p_r(u) du = \frac{1}{A_0} \int_0^r H(u) du \quad (7)$$

该转换公式被视为图像的累计分布函数(CDF)。

上面的公式是归一化后推导出的,对于没有归一化的情况,只要乘以最大灰度值(D_{max} , 对于灰度图像就是 255)即可。灰度均衡化的转换式为

$$D_B = f(D_A) = \frac{D_{max}}{A_0} \int_0^{D_A} H(u) du \quad (8)$$

对于离散图像,转换式为

$$D_B = f(D_A) = \frac{D_{max}}{A_0} \sum_{i=0}^{D_A} H_i \quad (9)$$

式中, H_i 为第 i 级灰度的像素个数^[2]。

5 实验过程及结果分析

5.1 红外图像的增强处理过程

红外图像的增强处理过程如图 1 所示。

从图 2 可以看出实验中使用的原始图像的灰度偏向于灰度级的暗端, 图像略显模糊。我们使用二阶 Buterworth 高通滤波器对原始图像进行滤波, 让截止频率的值等于图像垂直尺寸的 15%。只要 Buterworth 高通滤波器的半径不小到使变换后原点附近的频率通过, 滤波时就不会对 D_0 的值敏感。图 3 模糊地显示了图像的主要边缘。再经过高频强调滤波处理, 我们取 $a = 0.5$, $b = 2.0$, 图 4 显示了处理后的效果, 图像中由低

频部分引起的灰度级被保留了下来。最后再对高频强调滤波后的图像进行直方图均衡化, 得到的结果如图 5 所示^[4]。

5.2 改进前的处理方法及结果

常用的一种方法是在使用 Buterworth 高通滤波器对原始图像进行滤波后, 直接对高通滤波后的图像进行直方图均衡化, 得到的结果如图 6 所示。

5.3 实验结果

从实验结果可以看出, 在使用高通滤波器进行滤波和对直方图进行均衡化后虽然增大了图像的对比度, 但往往均衡化后的噪声比处理



图 1 图像增强处理流程图

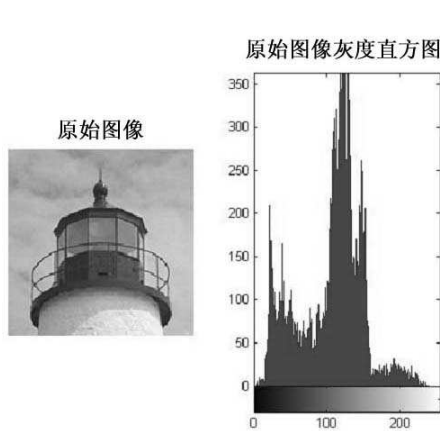


图 2 原始图像

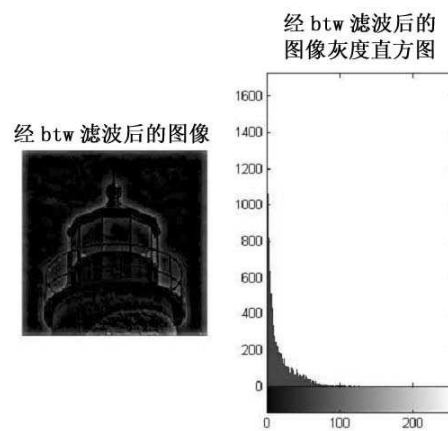


图 3 经 btw 滤波后图像

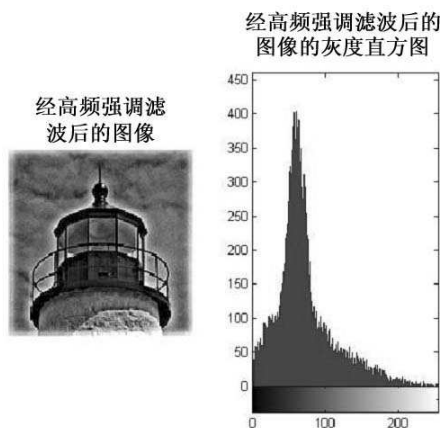


图 4 高频强调后的图像

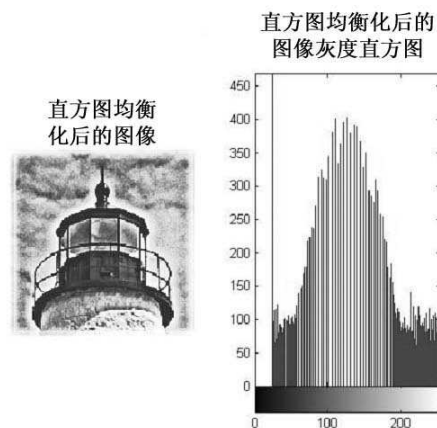


图 5 直方图均衡化后的图像

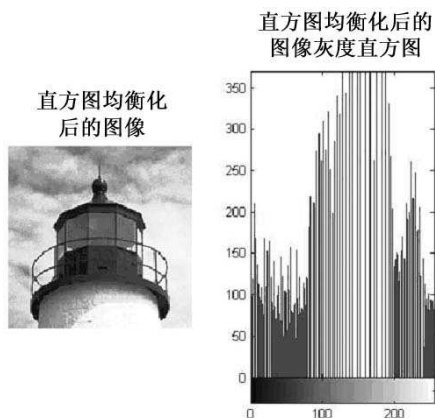


图 6 用改进前的方法处理的图像

前更明显,这是因为均衡化没有区分有用信号和噪声。当原图像中噪声较多时,噪声被增强,图像中有用的低频细节信息不够突出。而把高频

强调滤波与直方图均衡化结合使用的方法使处理后的图像更好地突出了细节信息,有效地增强了被保留下来的低频部分的灰度级,改善了图像的整体视觉效果,得到的结果令人满意。

参考文献

- [1] 刘政清, 邹继伟, 张骏, 等. 红外图像的模糊域同态增强 [J]. 激光与红外, 2007, 37(1): 88-89.
- [2] 张宏林. 精通 Visual C++ 数字图像处理典型算法及实现 (第 2 版) [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [3] 王爱玲, 叶明生, 邓秋香. MATLAB R2007 图像处理技术与应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [4] 汪志云, 黄梦为, 胡钊, 等. 基于直方图的图像增强及其 MATLAB 实现 [J]. 计算机工程与科学, 2006, 28(2): 54-56.

专利 Patent

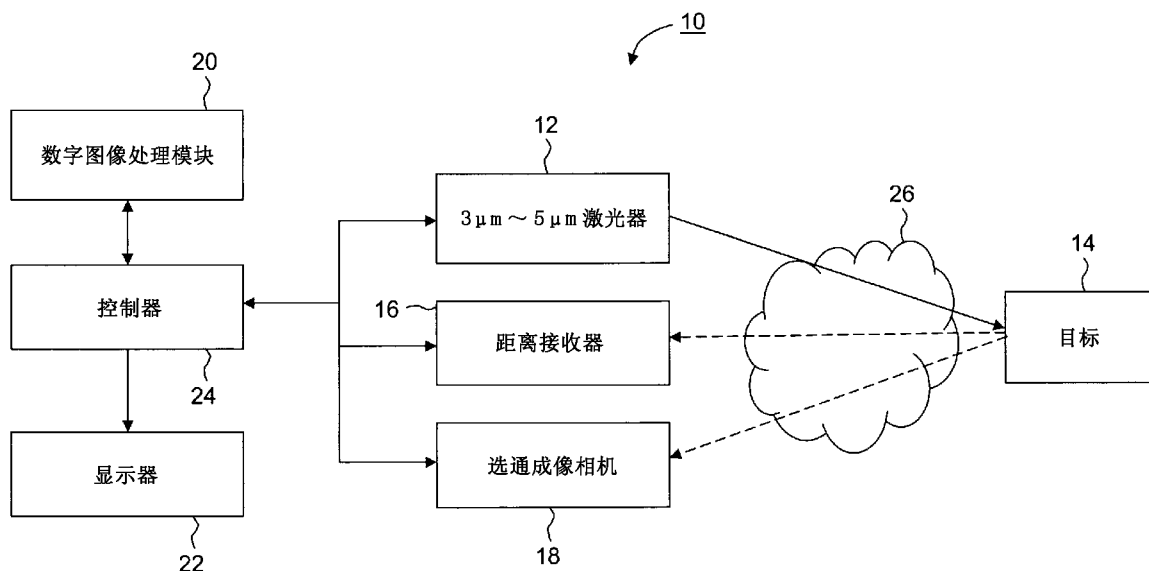
红外激光照明成像系统

美国专利 US7541588

(2009 年 6 月 2 日授权)

本发明提供一种采用中波红外激光照明技术的远距离红外成像系统,它可以用来对目标进行远距离识别。该成像系统既可以制作成以主动照明单模式工作,又可以制作成以主动/被动双模式工作。

本专利说明书共 15 页,其中有 8 张插图。



高 编译