

·信号与信息处理·

一种改进的直方图均衡化图像增强方法

扈佃海, 吕绪良, 文刘强

(解放军理工大学, 江苏 南京 210007)

摘要:分析了直方图均衡化算法的基本原理,指出图像部分灰度级尤其是表征图像细节的灰度级被过度合并是导致处理后图像细节信息丢失而变得模糊的原因。针对此不足,提出了一种均衡化处理后增加图像灰度级的方法。首先在空间域或者频域中,提取出原图像的高频细节成分,然后将其与原图像直方图均衡化处理后的结果进行叠加,并且可以通过调整高频成分的权重系数获得细节得到不同程度增强后的图像。实验结果表明:与传统直方图均衡化算法相比,使用该方法处理后的图像既增强了整体对比度,又保留了原图像更多的细节信息。

关键词:直方图均衡化;图像增强技术;对比度;灰度级

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-1255-(2012)03-0065-04

Image Enhancement Method Using Improved Histogram Equalization

HU Dian-hai, LV Xu-liang, WEN Liu-qiang

(PLA University of Science & Technology, Nanjing 210007, China)

Abstract: The basic theory of the histogram equalization algorithm is analyzed, the image gray level, especially the gray level that denotes the image details is amalgamated overly, which can cause the imager after processing to lose the details and become fuzzy. In order to solve this problem, an algorithm for the increasing image gray level after the histogram equalization is proposed. Firstly, extract the high frequency details of the original image from the space or the frequency domain, and then add them with the image processed by the histogram equalization, lastly, the different image after enhancement is gained by adjusting the weight coefficient of the high frequency. The experimental results show that comparing with the traditional histogram equalization, the overall contrast can be enhanced and retained the more details of the original image.

Key words: histogram equalization; image enhancement technique; contrast; gray level

图像增强^[1,2]是数字图像处理中的基本内容,它是通过对图像在空间域或者频域进行特定算法^[3-6]处理以改善图像的视觉效果或者增强图像的某些特定信息,来满足人眼视觉或者机器视觉^[7,8]的需求。其中直方图均衡化(histogram equalization, HE)和直方图规定化算法及与其相关的其他一些算法^[9-11]是空间域图像增强中比较常用的方法。该方法通过统计图像各灰度级像素数量来求得图像直方图信息,并以累积分布函数变换法为基础进行灰度映射,从而达到增强图像的整体对比度,使图像清晰的目的。

但是涉及到直方图均衡化时都会遇到图像中像素个数较少的灰度级被过多合并问题^[12]。结果导致处理后的图像部分细节丢失而局部变得模糊,得不到满意的增强效果。针对此不足,文中提出一种改进的算法,首先获取原图像的细节信息,然后将其与原图像直方图均衡化处理后的图像进行加权叠加,使处理后表示图像细节的灰度级增加,并且可以通过调整权重因子 λ 来获得所需要的不同增强程度的细节信息,从而实现了既增强图像对比度又使图像包含更多细节信息的目的。

收稿日期:2012-03-22

作者简介:扈佃海(1988-),男,山东莒县人,硕士研究生,主要研究方向为光电与信息处理。

1 直方图均衡化原理

传统的直方图均衡化方法是以图像各灰度级概率的累积分布函数作为变换函数,将原图像映射为一幅灰度级分布较均匀的图像。其中累积分布函数表示为

$$S_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \quad (1)$$

$0 \leq r_j \leq 1; k=0,1,\dots,L-1$

式中, r_j 为原图像归一化灰度级; n_j 为原图像中出现第 k 级灰度级的像素个数; n 为图像中像素的总数; s_k 为 HE 后图像归一化灰度级; T 为变换关系式; $p_r(r_j)$ 为原图像取第 k 级灰度值的概率(即原图像的灰度直方图)。

假设新图像的灰度级为 $k=0,1,\dots,N-1$, 则变换关系为

$$r'_k = \text{round}((N-1)s_k) \quad (2)$$

$k=0,1,\dots,N-1$ (round 为四舍五入取整运算)。

则原图像的两个灰度级 r_{i1} 和 r_{i2} 变换后的灰度值差为

$$r'_{i2} - r'_{i1} = (N-1)(s_{i2} - s_{i1}) = (N-1) \left[\sum_{j=0}^{i2} \frac{n_j}{n} - \sum_{j=0}^{i1} \frac{n_j}{n} \right] = (N-1) \sum_{j=i1+1}^{i2} \frac{n_j}{n} \quad (3)$$

由式(3)可知,当其值小于1时,原图像中灰度范围在 $[r_{i1}, r_{i2}]$ 内的各灰度级在新图像中将被合并为一个灰度级,导致图像边缘等细节部分灰度级概率较小,所以根据式(3)可知图像在进行直方图均衡化处理时容易造成图像细节的丢失。

2 算法原理及流程

针对传统直方图均衡化中由于灰度级合并而丢失图像细节的问题,可以考虑先把图像细节提取出来。然后再将其与原图像直方图均衡化处理后的结果相叠加来增加图像的灰度级,从而使图像包含更多细节信息。

2.1 图像细节部分的提取

在灰度图像中,图像的细节部分往往是灰度级变化显著的地方,而它对应于图像频域中的高频部分。因此可以通过一系列的高通滤波抑制低频来提

取图像的高频细节成分。频域中可以利用理想、巴特沃斯和高斯等高通滤波器及频域小波变换^[5]的方法来提取图像的高频成分。空间域中有梯度法、拉普拉斯运算法和反锐化掩模法^[2]等。由于空间域中算法简单且运算速度较快,文中选用空间域中的算法来提取图像的高频成分,具体算法如下:

水平垂直差分梯度法表示为

$$|\nabla f(x,y)| = |f(x,y) - f(x+1,y)| + |f(x,y) - f(x,y+1)| \quad (4)$$

罗伯特(Robert)梯度法表示为

$$|\nabla f(x,y)| = |f(x,y) - f(x+1,y+1)| + |f(x+1,y) - f(x,y+1)| \quad (5)$$

拉普拉斯算法表示为

$$|\nabla f(x,y)| = |4f(x,y) - f(x+1,y) - f(x,y+1) - f(x,y-1) - [f(x-1,y)]| \quad (6)$$

拉普拉斯算法可用掩模表示为

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

反锐化掩模法基本算法为

$$|\nabla f(x,y)| = f(x,y) - \bar{f}(x,y) \quad (8)$$

式中, $\bar{f}(x,y)$ 为原图像 $f(x,y)$ 的模糊图像,相当于抑制高频成分后的图像。 $\bar{f}(x,y)$ 文中采用简单的领域平均法计算,当取 3×3 的方形窗口来对原图像进行模糊处理时,式(8)的掩模为

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

2.2 算法流程

(1)利用上节方法提取原图像的高频成分并赋予相应权值 λ , 得到了增强后的图像高频成分 $\lambda|f(x,y)|$ 。

(2)运用传统直方图均衡化算法对原图像进行处理得到直方图均衡化后的图像 $f_h(x,y)$ 。

(3)将步骤(1)和步骤(2)结果相加,调整 λ 的取值,为防止灰度溢出将结果中超出255的灰度值取为255,得到最终处理后的图像 $g(x,y)$ 。

最终处理后的图像与传统 HE 后的图像相比,由于叠加了图像的高频成分,所以图像应既能保留较

高的对比度又包含更多的细节信息,通过下面的实验来加以验证。

3 实验结果与分析

实验图像采用 cameraman 和 circuit 图像。因为式(8)中运用了邻域平均法,相比于式(4)~式(6)有更好的去除噪声能力,所以文中采用式(8)来作为图像高频成分提取算法。分别采用传统 HE 算法和文中方法对图像进行处理,其中权值 λ 取值为 6,实验结果分别如图 1、图 2 所示。

从图 1、图 2 中可以看出,经传统 HE 算法处理后图像整体对比度有了明显提高,在直方图上表现为灰度级趋于均匀分布,但是表征图像细节的灰度级合并过多,导致图像局部模糊,在直方图上表现为灰

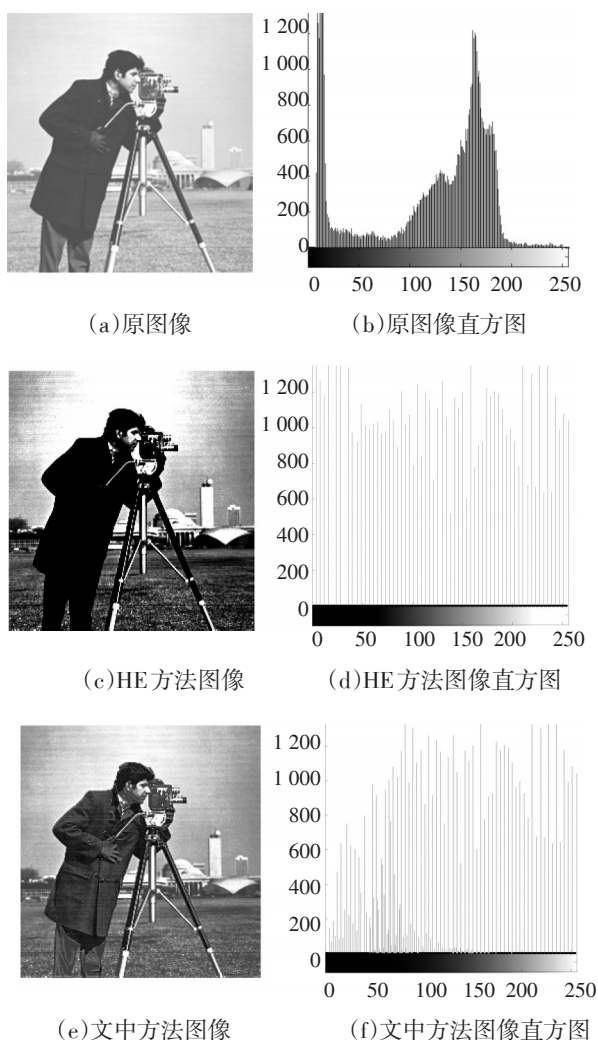


图 1 cameraman 图像实验结果

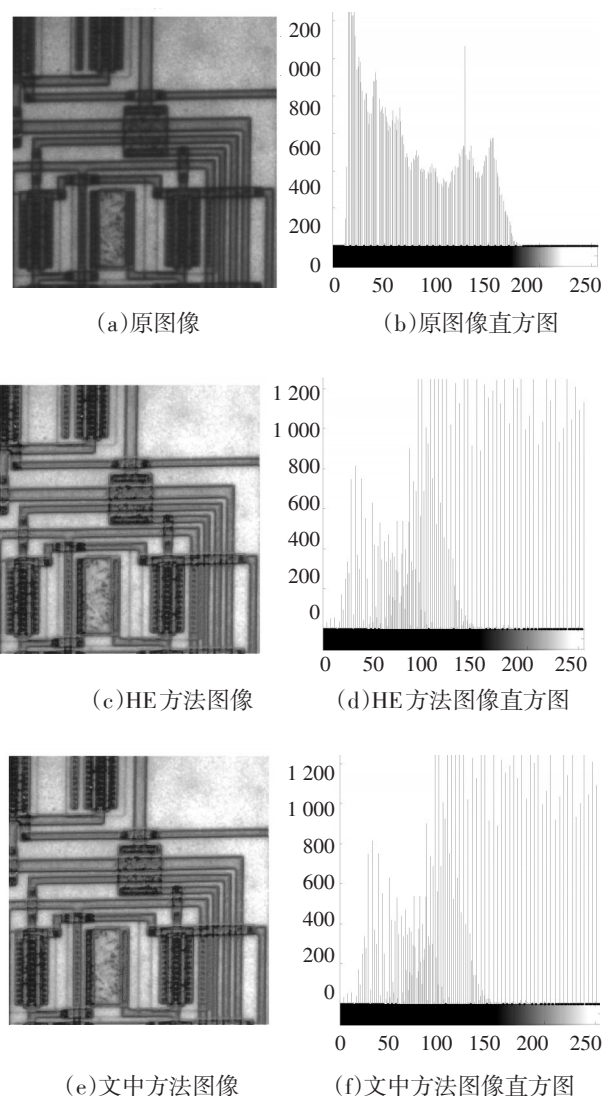


图 2 circuit 图像实验结果

度级减少,分布变得稀疏。

而运用文中方法处理后,既增强了图像整体对比度又保留了原图像更多的细节信息。图 1 中衣服上的纽扣和褶皱纹理更加明显,远处建筑物也更加清晰,图 2 中电子元件的细节部分也得到了极大的增强。与传统 HE 后的图像相比,直方图上表征图像细节的灰度级显著增加,分布变得稠密。

下面选用文献[13]中提出的图像细节评价参数及其归一化形式来对这两种方法进行定量评估,结果如表 1 所示。

表 1 数据也说明,传统算法虽然能增强图像的对比度,但严重降低了图像的细节评价参数。文中提出的方法改善了这一不足,并且当表征原图像目标

表 1 原图像与增强处理后图像细节评价参数

图像	算法	细节评价参数	归一化形式
cameraman	原图像	0.003 921	1
	HE算法	0.001 049	0.267 5
	文中算法	0.002 485	0.633 8
circuit	原图像	0.001 688	1
	HE算法	0.000 754 9	0.447 2
	文中算法	0.002 304	1.364 9

部分的灰度级过少时,可以大大提高图像的细节评价参数。如图2中应用文中方法处理后 circuit 图像的细节评价参数显著高于原图像。

4 结 论

针对传统 HE 后图像由于灰度级减少而丢失细节的问题,提出首先提取图像容易丢失的细节信息,然后再将其与 HE 处理后的图像相叠加的方法,来达到既增强图像的整体对比度又保留原图像更多细节信息的目的。实验结果表明,该方法达到了这一目的,具有复杂度低、计算量小的优点,并且可以通过调整权值 λ 来获得细节得到不同程度增强的图像,具有一定的适应性。然而文中只是采用了一种比较简单快速的图像细节信息提取方法,对图像细节的提取精度有待提高,因此如何既快速又准确提取图像细节,以及如何对图像增强算法的有效性进行更合理的定量评估是下一步工作的主要内容。

参考文献

- [1] 刘刚,王立香,董延. MATLAB 数字图像处理[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [2] 田岩,彭复员. 数字图像处理与分析[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2009.
- [3] 王群,何永强,周云川. 基于中值滤波和生物仿生学的图像增强研究[J]. 光电技术应用,2011,26(5): 51-55.
- [4] 张冰. 基于神经网络的图像增强模型算法[J]. 计算机仿真,2011,28(12): 253-255.
- [5] 张静,李一兵,李鹭. 基于双树小波变换的图像增强方法[J]. 计算机工程与科学,2011,33(11): 98-102.
- [6] 程翔,唐力伟,汪伟. 烟幕干扰条件下目标区域的提取方法[J]. 光电技术应用,2008,23(4): 52-56.
- [7] 天河,戴景民. 结合人眼视觉特性的红外图像增强新技术[J]. 红外与激光工程,2008,37(6): 951-954.
- [8] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. 图像处理、分析与机器视觉[M]. 3版.艾海舟,苏延超,兴军亮,等.北京:清华大学出版社,2011.
- [9] 李开端,李树军. 基于直方图统计学的图像增强算法研究[J]. 科学技术与工程,2011,11(23): 5572-5575.
- [10] 宋岩峰,邵晓鹏,徐军. 基于双平台直方图的红外图像增强算法[J]. 红外与激光工程,2008,37(2): 308-311.
- [11] 武治国,王延杰. 一种基于直方图非线性变换的图像对比度增强方法[J]. 光子学报,2010,39(4): 755-758.
- [12] 乔闹生. 一种改进的直方图均衡化[J]. 光学技术,2008,34(S): 141-142.
- [13] 徐军,梁昌洪,张建奇. 一种红外图像增强的新方法[J]. 西安电子科技大学学报(自然科学版),2000,27(5): 546-549.
- [14] Garland M, A Willmott, P S Heckbert. Hierarchical Face Clustering on Polygonal Surfaces[C]//Proceedings of 2001 ACM Symposium on Interactive 3D Graphics,2001:49-58.
- [15] Defloriani L, P Magillo, E Puppo. Building and Traversing a Surface at Variable Resolution[C]//Proceedings of IEEE Visualization '97,1997:103-110.
- [16] Ronfard R, J Rossignac. Full-Range Approximation of Triangulated Polyhedral[J]. Computer Graphics Forum, 1996, 15(3):67-76, 462.
- [17] Cohen J, A Varshney, D Manocha, et al. Simplification Envelopes[C]//Proceedings of SIGGRAPH 96, 1996:119-128.
- [18] Rigioli P, P Campadelli, A Pedotti, et al.Mesh Refinement with Color Attributes[J]. Computers & Graphics, 2001,25(3):449-461.
- [19] 王芳.基于视景仿真模型简化算法的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2009.

(上接第64页)

and Applications,1996,16(3):64-77.