

·信号与信息处理·

一种16位灰度图像自动调窗算法

吕磊, 赵勋杰

(苏州大学 物理与光电·能源学部, 江苏 苏州 215006)

摘要: 16位灰度图像常用在某些需要高精度的图像处理与分析中,但由于其灰度范围过大,需要调窗处理才能获取感兴趣的信息。采用人工手动调窗需要用户具有丰富的经验才能得到清晰的图像,并需要一定的时间,因此会降低用户的工作效率。现有的自动调窗算法不能很好地处理各种直方图分布的图像。针对这种情况,在分析了大量的16位灰度图像的基础上,提出了一种16位灰度图像自动调窗算法,算法在读入图像后自动判断图像直方图类型,并根据直方图类型计算最佳的窗位和窗宽。对所提出的方法进行了大量的实验验证,并与现有的调窗方法进行了比较。结果表明,文中方法可以显著地提高图像的清晰度和对比度,且比现有的调窗方法具有更好的性能。

关键词: 16位灰度图像;直方图;窗宽和窗位;自动调窗;图像增强

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2016)-04-0027-04

Auto-window Algorithm for 16-bit Grayscale Image

LV lei, ZHAO Xun-Jie

(College of Physics, Optoelectronics and Energy of Soochow University, Suzhou 215006, China)

Abstract: 16-bit images are commonly used in some image processing and analysis with high precision, we need to adjust the window to obtain the information of interest for the large gray range. Manually adjusting the window requires users' rich experience to get a clear image, and will take some time, so it will reduce the efficiency of users. The existing auto-window algorithms cannot process the images of various histogram distributions very well. In view of this situation, an auto-window algorithm for 16-bit grayscale image based on the analysis of a large number of 16-bit images is proposed. After reading the image, the algorithm identifies the type of the image's histogram automatically and calculates the best window width and level. A lot of experiments are performed to the proposed algorithm and compared with the existing window algorithms, the result shows that the method can significantly improve the images' clarity and contrast and has better performance than the conventional window method.

Key words: 16-bit gray scale image; histogram; window width and level; automatic adjusting window; image enhancement

灰度图是指只含亮度信息,不含彩色信息的图像。文中的16位灰度图像是指单通道16位图像,也就是每个像素使用2个字节表示,其灰度范围为0~65 535^[1]。16位灰度图像大多含有较多噪声和无用信息,且对比度较低,所以一般要对其进行图像增强才能得到理想的图像。首先要对图像进行噪

声滤除,常用方法有:平滑空间滤波法^[2]、统计排序滤波法^[7]、频率低通滤波法^[8]等,然后对图像进行进一步的增强处理,常用的增强方法有:直方图均衡化^[9]、Unsharp Masking^[10]、基于小波变换的图像增强算法^[11-12]等。由于16位灰度图像的灰度范围过大,所以在进行图像增强前一般要对其进行调窗处理,

以便去除无用信息和获得比较感兴趣的部分,增强图像的对比度。

传统的调窗方法通常是人工调窗,人工调整窗宽和窗位需要凭经验,耗时较多,不利于提高用户的工作效率。为解决这一问题,国内外研究人员对自动调窗开展了研究,目前已经提出了几种自动调窗方法^[3-4],但是这些调窗方法通常是针对某一种特定直方图分布,而对于其他分布的图像效果很差。文献[3]提出了一种磁共振图像自动调窗算法。算法是将直方图从第一个灰度自左向右进行面积累加,当累加的直方图面积占到整个直方图面积的72%时对应的灰度值作为窗位,然后根据经验设定固定窗宽。该算法是针对磁共振图像画面相对于整幅图像过小的情况效果良好。文献[4]则提出了一种针对直方图分布为双峰情况的自动调窗算法。该算法对具有大片暗背景的16位灰度图像处理效果较佳,其中心思想是去除直方图最左边的第一高峰,将第一高峰后面的局部极小值点的灰度值作为窗底,然后搜索剩余直方图中的最大值,令其灰度值作为窗位。提出了一种自动调窗算法,该方法可以处理不同直方图分布的灰度图像,可以满足大多数16位灰度图像自动调窗的要求,适用于工业生产,可缩短图像预处理时间,提高用户的工作效率。

1 基本概念

窗位是指显示图像数据的中心值或平均亮度,窗宽是指整个显示窗口的上界和下界之间的灰度范围^[3]。调窗处理是指在16位灰度图像的灰度级中,选取出一定范围的灰度级进行显示,并将大于这一范围的像素全部置白(即255),小于这一范围的全部置黑(即0)。16位灰度图像的像素有65 535个灰度级,而普通显示器只能显示256个灰度级的图像,并且人眼一般只能分辨出64个灰度级的变化,因此在工业应用中,需要通过调节窗位和窗宽以便人眼能分辨图像中不同密度的组织结构或细节^[5]。

传统的调窗方法是通过移动窗位来查看感兴趣的组织和细节,通过调整窗宽改变显示图像的灰度范围。增大窗宽,可以显示的不同密度的组织增多,但各结构之间的灰度差减少;减小窗宽,则显示组织结构减少,但各组织之间的灰度差增加。原始

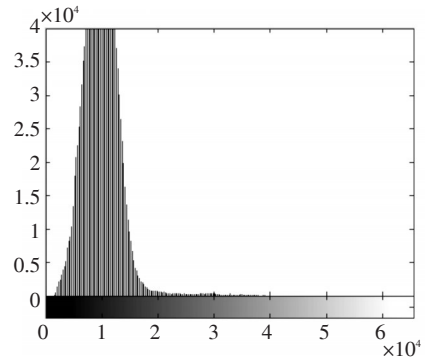
图像数据与显示图像数据之间有如下转换公式

$$G(V) = \begin{cases} 0 & V < c - \frac{w}{2} \\ \frac{g_m}{w} \left(V + \frac{w}{2} - c \right) & c - \frac{w}{2} \leq V \leq c + \frac{w}{2} \\ g_m & V > c + \frac{w}{2} \end{cases} \quad (1)$$

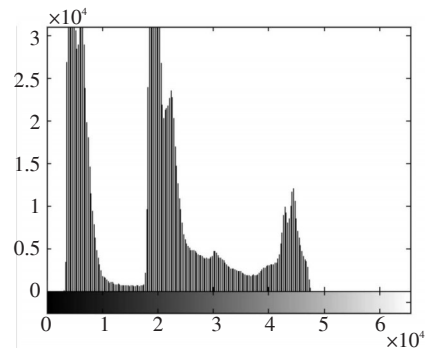
式中, V 为原图像数据; G 为显示图像数据; g_m 为显示器最大显示值(文中为255); w 为窗宽; c 为窗位。

2 文中的自动调窗算法

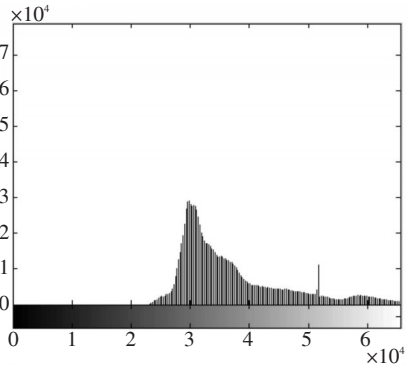
根据研究大量16位灰度图像(文中所用为临床DR图像)发现,这些图像的灰度直方图一般有如图1四种分布。



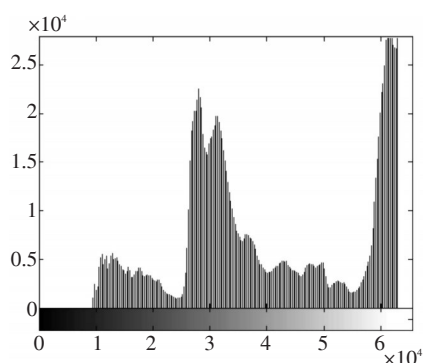
(a) 16位灰度图像中灰度较集中,且图像对比度不高,整体偏暗



(b) 16位灰度图像的双峰情况



(c) 16位灰度图像单峰偏亮,图像有大面积的亮背景



(d) 16位灰度图像直方图右边有两个比较大的峰,且图像整体偏亮

图1 四种DR图像灰度直方图

对于图1中的四种情况,文中采用不同的处理方法。

图1a所示的直方图是16位灰度图像中灰度分布比较普遍和简单的一种情况,这种图像的灰度分布比较集中,图像整体偏暗,对比度不高。对于该类图像,调窗算法步骤为:

①将灰度直方图平滑为一条光滑的曲线,并找出其峰值点;②窗口的上界 R 和下界 L 的确定方法:找到最高的峰值点 a ,从 a 按照灰度增长的方向找到离其最近的极小值点作为窗口的上界 R ,然后按照灰度减少的方向找到离其最近的极小值点作为窗口下界 L ;③窗宽 w 和窗位 c 的计算:窗宽 w 为窗的上界与窗的下界的差,窗位 c 为窗的上界与窗的下界的中点,即: $w=R-L, c=(R+L)/2$

对于图1b~图1d三种直方图,步骤①和步骤③处理方法相同,步骤②不同。

图1b所示的双峰情况是16位灰度图像中最常见的情况,第一个峰位于直方图的左侧,是由背景图像形成的高峰,第二个峰略低缓一些,主要由有用图像和噪声组成。该类图像一般会有一个比较黑的边框。对该类图像,步骤②算法为:

找到其中最大的峰值点 a 和次最大峰值点 b ,找到 a 与 b 之间最小值的灰度作为窗口的下界 L ,然后从 b 按照灰度增长方向找到离其最近的且灰度占比数小于 P (具体可以尝试,一般是用2000)的极小值点作为窗口上界 R 。

图1c所示的是单峰偏亮的图像,图像有大面积的亮背景,该情况下步骤②的算法为:

找到最大峰值点 a ,然后从 a 按灰度减小的方向

找到离其最近的极小值点作为窗口下界 L ,通过观察发现这种情况下, a 的右边有一个占比非常高的灰度,通过实验可以证明其是图像与背景交界的像素,可以将其作为窗口上界 R 。

图1d所示的情况是灰度分布比较复杂的情况,这种情况一般会在直方图右边有两个比较大的峰,图像整体偏亮。对这类图像步骤②算法如下:

找到最大的两个峰值点 a 和 b ,再找到 a 与 b 之间最小值的灰度作为窗口上界 R ,然后从 a 按照灰度减小的方向找到离其最近的灰度占比数小于 P 的极小值点作为窗口下界 L 。

当读入一幅图像后,首先根据其直方图的分布判定它属于上述哪一类情况,然后调用相应的算法计算窗位和窗宽,实现图像的自动调窗。

3 实验结果对比分析

图2a~图2d分别是对应图1a~图1d灰度分布图像的调窗结果。

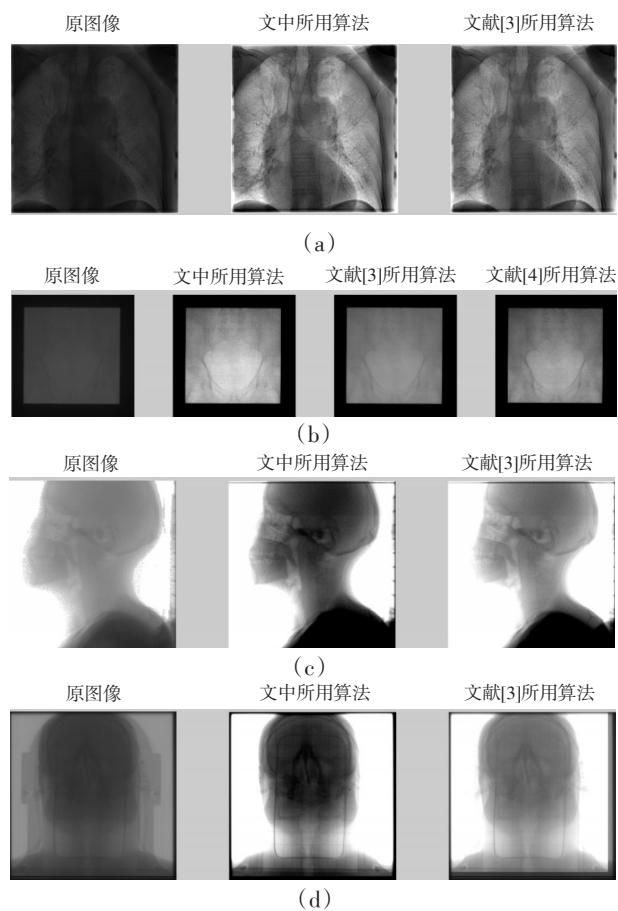


图2 原图与调窗后图像对比图

每幅图像的最左边是原始成像设备拍摄的灰度图像,第二个是用文中调窗算法的调窗结果,第三个是用文献[3]中所提算法的调窗结果,而图2b图像中的第四个则是用文献[4]中所提算法的调窗结果。

为了定量的比较调窗效果,计算了每幅图像的清晰度 F ,结果列于表1中。文中所用的是基于Laplace算子操作的图像清晰度评价方法。在空域上对图像进行微分可以获取图像的边缘及细节信息,边缘点的个数可以直观的反应出图像的清晰程度。计算公式如下

$$F = \frac{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N I_{xy}^2}{M \times N} \quad (2)$$

式中, $M \times N$ 是图像的大小; I_{xy} 是单个像素点Laplace

代数和,由下式计算

$$I_{xy} = 20f(x,y) - f(x-1,y-1) - 4 \times f(x-1,y) - f(x-1,y+1) - 4 \times f(x,y-1) - 4 \times f(x,y+1) - f(x+1,y-1) - 4 \times f(x+1,y) - f(x+1,y+1) \quad (3)$$

其中, $f(x,y)$ 为像素点的灰度。

从图2可以发现,原始灰度图像质量很差,图像的清晰度和对比度很低,难以看清其中的细节。而经过调窗的图像质量相对于原图有明显的改善。从图2可以看出,文中提出的算法比文献[3]和文献[4]的算法效果更好。

从表1中的数据也可以看出,调窗后图像的清晰度有了很大的提高,并且文中算法的清晰度明显优于文献[3]和文献[4]的算法。

表1 几种调窗算法图像清晰度对比

		原图像	文中算法调窗图像	文献[3]算法调窗图像	文献[4]算法调窗图像
清晰度	图2a	2.615	8.113	6.846	-
	图2b	1.227	6.638	3.167	5.166
	图2c	3.884	4.611	4.001	-
	图2d	1.692	4.014	2.819	-

4 结论

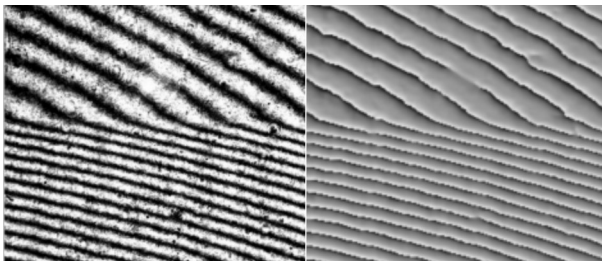
调窗处理是针对16位灰度图像常用的图像预处理方法,图像处理的效果直接影响后续的操作和应用。通过对大量16位灰度图像研究和实验,提出了一种自动调窗算法,对大多数16位灰度图像都能进行自动调窗,并且具有良好的效果。文中算法在读入图像后自动判断图像的直方图类型,并根据直方图类型计算最佳的窗位、窗宽,此算法方便快捷,可以节约用户时间,提高工作效率。文献[3]中所提的算法,主要用于解决灰度图像中图像面积占比过小带来的问题,虽然比较简便,但该算法中窗宽是固定的,算法具有很大的局限性,需要有丰富的经验确定一个合适的窗宽,并且很难处理不同直方图分布的情况。文献[4]的算法只适用于直方图分布为双峰的情况,也就是图像有黑边框或有大片黑色背景的图像,对于其他类型的图像无法处理。文中的调窗方法能根据直方图分布自动选择相应的算法,并且可以根据图像的灰度分布情况选择适合的窗位和窗宽,因此适用于大多数16位灰度图像

的调窗处理。

参考文献

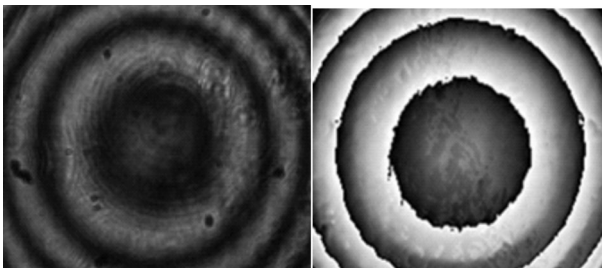
- [1] 孙中柏.一种16位灰度图像无损压缩和解压缩方法[D].湖南:电子科技大学,2012.
- [2] Gonzalez C R, Woods R E. Digital image processing[M].2nd edition:Prentice Hall,2001.
- [3] 沈琴,蒋谟文,骆建华.一种改进的核磁共振图像自动调窗算法[J].中国医疗器械杂志,2011,35(4):253-255.
- [4] 周振环,陈思平,陶笃纯,等.医学图像的自动调窗与分割[J].计算机工程与应用杂志,2005,22(2):331-334.
- [5] 张波,刘元.基于DCMTK的DICOM医学图像调窗显示方法研究[J].应用技术,2010,201:98-100.
- [6] 张尤赛,陈福民. DICOM医学图像窗口变换的加速算法[J].计算机工程与应用杂志,2003,39(13):218-220.
- [7] 张洁,杨丰,赵祺阳.一种基于无抽样方向滤波器组的抑制噪声的医学图像增强算法[J].中国医学物理学杂志,2009,26(2):1072-1074.
- [8] 周頔.医学图像处理中的若干问题研究[D].无锡:江南大学,2011.

(下转第45页)



(a)实验干涉图 (b)相位图

图3 实验干涉条纹图和获得的相位图



(a)实验干涉图 (b)相位图

图4 实验干涉条纹图和获得的相位图

3 结论

提出了一种基于二维连续小波变换的条纹干涉图相位提取的新算法,为了解决传统二维连续小波变换计算耗时长的的问题,引入了快速傅里叶变换来进行卷积计算,为了更加快速的计算,提出选择合适的少量离散参数代替连续的参数进行计算的

方法。通过仿真模拟和实验结果可以看出,该算法可以快速准确的提取出干涉条纹图的相位,对有缺陷的干涉条纹图也可以提取其完整相位图,该算法具有一定的可行性和有效性。

参考文献

- [1] Creath K. Phase-shifting speckle interferometry[J]. *Apple Opt*, 1985;24(18):3053-8.
- [2] 单小琴,朱日宏,李建欣.基于二维傅里叶变换的单帧干涉图相位提取方法[J].*应用光学* 2013, 34(5): 802-808.
- [3] Ma J, Wang Z, Pan B, et al. Two-dimensional continuous wavelet transform for phase determination of complex interferograms[J]. *Appl Opt*,2011,50:2425-2430.
- [4] Federico A, Kaufmann G H. Evaluation of the continuous wavelet transform method for the phase measurement of electronic speckle pattern interferometry fringes[J]. *Op. Eng.* 2002,41:3209-3216.
- [5] Ma J, Wang Z, Vo M, et al. Parameter discretization in two-dimensional continuous wavelet transform for fast fringe pattern analysis[J]. *Appl Opt*, 2011,50(34): 6399-408.
- [6] 李思坤,苏显渝,赵文静.小波变换轮廓术中用小波脊系数幅值引导相位展开的研究[J].*光学学报*,2008(4).
- [7] Liu H, Catwright A N, Basaran C. Moire interferogram phase extraction: a ridge detection algorithm for continuous wavelet transforms[J]. *Appl Opt*, 2004,43:850-857.

(上接第30页)

- [9] 扈佃海,吕续良,文刘强.一种改进的直方图均衡化图像增强算法[J].*光电技术应用*,2012,27(3):65-68.
- [10] 徐艳丽,谭剑.基于非线性反锐化掩膜的DR图像边缘增强[J].*中国医学物理学杂志*,2013,27(4):2013-2015.
- [11] 陈武凡.小波分析及其在图像处理中的应用[M].北京:

科学出版社,2002.

- [12] Dippel S, Stahl M, Wiemker R, et al. Multiscale contrast enhancement for radiographies: laplacian pyramid versus fast wavelet transform[J]. *IEEE Trans, Medical Imaging*, 2002, 21(4):343-353.

(上接第36页)

- [12] I Gede Pasek Suta Wijaya, Keiichi Uchimura, Gou Koutaki. Face recognition using holistic features and within class scatter-based PCA[C]. *GSTF Journal on Computing (JoC)*, 2013, 3(2):1-7.

- [13] Han-Jin Cho, Tae-Hyoung Park. Wavelet transform based image template matching for automatic component inspection[N]. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2010, 50(9):1033-1039.