

改进 DCT 的自动聚焦算法

赵秋玲¹⁾ 赵建森²⁾ 蒋永华²⁾

¹⁾(青岛职业技术学院, 青岛 266555) ²⁾(西安电子科技大学, 西安 710071)

摘要 图像自动聚焦算法聚焦值的选择是数字相机自动聚焦系统的关键问题。提出了一种新的聚焦值算法, 是基于 DCT 变换后的高频分量。实验结果表明, 改进的 DCT 算法比其他评价函数更为准确、稳定和可靠, 对脉冲噪声有很好的抑制。

关键词 自动聚焦 离散余弦变换 数字相机 聚焦值

中图分类号: TN911.73 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2007)07-1206-03

Auto Focus Algorithm Using Modified DCT

ZHAO Qiu-ling¹⁾, ZHAO Jian-sen²⁾, JIANG Yong-hua²⁾

¹⁾(Qingdao Vocational and Technical College, Qingdao 266555) ²⁾(Xian Electronics Technology University, Xi'an 710071)

Abstract The choice of auto focus value for an image is the key factor to auto focus system of digital camera. A new focus value calculation method based on the high frequency component of DCT (discrete cosine transformation) is presented. Experimental results conform to the exactness, stabilization and credibility in focus value calculation, and this algorithm is immune to impulsive noise of the modified DCT.

Keywords auto focus, DCT, digital camera, focus value

1 引言

数字相机的自动聚焦功能在提高图像质量方面起着非常重要的作用。自动聚焦技术是根据已采集图像的清晰程度来调节聚焦镜头的位置, 使得图像的清晰度达到最佳, 从而达到聚焦的目的。因此, 自动聚焦技术的关键问题是确定可以正确反映图像清晰度的聚焦值 (focus value)。要求聚焦值对图像的变化敏感, 并且计算量不能太大, 以保证系统能很快确定下一步的聚焦方向。

镜头系统在数学上可以作为一个低通滤波器模型, 散焦是由于低通滤波器的截止频率降低造成的。图像高频分量数量的减少是由镜头低通滤波影响的。因此, 相对于散焦图像, 聚焦图像包含更多的高频分量。所以聚焦值 FV 通常由一帧图像的高频分量的数量确定。所有的研究都是基于这个模型进行

的。对图像高频分量能量的分析可以从空域和频域两个方面来考虑, 其中包括灰度方差、罗伯特算子 (Roberts) 以及拉普拉斯 (Laplacien) 算子^[1,2], 文献 [3] 提出了聚焦和散焦图像之间的 DCT 曲线, 文献 [4] 提出了基于小波变换的自动聚焦算法。本文提出一种基于 DCT 变换的自动聚焦算法。

2 算法分析

目前提出的数字图像聚焦算法都是以傅里叶光学理论为基础, 即图像清晰或聚焦的程度由图像高频分量的多少来决定: 高频分量少则图像模糊, 高频分量多则图像清晰。因此, 用图像的高频分量多少作为图像清晰度的聚焦值 FV 。

数字图像由空域转换到频域的方法称之为线性正交变换, 又称为酉变换, 这种变换可以保持能量不变的特性, 即

收稿日期: 2006-07-30; 改回日期: 2006-11-14

第一作者简介: 赵秋玲 (1974 ~), 女, 助教。2004 年于杭州电子工业学院获机械制造及其自动化专业硕士学位。研究方向为 CAD/CAM、机器视觉、机电控制等。出版书籍 3 本, 在核心一级刊物上发表论文 3 篇。E-mail: yulintou@126.com

$$E = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y)^2 = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u,v)^2 \quad (1)$$

式中, $f(x,y)$ 为图像在 (x,y) 处的灰度值, $F(u,v)$ 为变换系数矩阵, N 为数字图像的宽度和高度。

最常用的变换有快速傅里叶变换 (FFT) 和高散余弦变换 (DCT)。傅里叶变换具有很多优点, 得到广泛的应用, 但也有缺点: 傅里叶变换需要计算的是复数而不是实数, 进行复数运算要比进行实数运算复杂得多。如果采用其他合适的完备正交函数系数来代替傅里叶变换所利用的正、余弦函数构成的完备正交系数, 就可以避免这种复数运算。在已存在的变换中, DCT 变换是接近于 K-L 变换的, 可以聚集最多的能量, 因此, 本文提出离散余弦变换算法。

2 维的离散余弦变换的定义表达式为

$$F(0,0) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \quad (2)$$

$$F(u,0) = \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right) \quad (3)$$

$$F(0,v) = \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right) \quad (4)$$

$$F(u,v) = \frac{2}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right) \times$$

$$\cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right) \quad (5)$$

式中, $f(x,y)$ 为空间域图像在 (x,y) 处的灰度值, $x, y=0,1,2,\dots,N-1, F(u,v)$ 为变换系数矩阵, $u, v=0,1,2,\dots,N-1, N$ 为数字图像的宽度和高度。

图像的频率域可以分为两个部分: 一是低频分量, 代表着图像区域的一般亮度, 即平坦区域; 二是高频分量, 代表着图像的边缘部分, 即亮度变化部分。因此, 主要关心的是第二部分, 即高频分量, 把高频分量的能量作为聚焦值:

$$FV = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} |F(u,v)| \quad u+v > N \quad (6)$$

式中, FV 为当前帧图像的聚焦值; $F(u,v)$ 为当前帧图像的 DCT 变换系数矩阵, N 为数字图像的宽度和高度。当 FV 最大时, 表示当前帧为最佳聚焦位置。

3 实验结果

聚焦算法是在实际的硬件系统上实现的, 该硬件系统是基于 VHDL 语言和 FPGA 板的系统。相对于其他已经存在的算法 (灰度方差、罗伯特算子、拉普拉斯算子), 该实验用来验证本文聚焦算法能够产生可信赖的聚焦值。因此, 基于书本和一般场景的图像, 分别如图 1(a)、(b) 所示, 用来验证本文算法的准确性。图像大小为 352×288 。



(a) 书本 (352×288)



(b) 一般场景 (352×288)

图 1 两个聚焦图像

Fig. 1 Two focused images

对图像的中心区域 128×128 进行统计, 该中心区域被称为聚焦窗口。图 2 中显示了相应算法对聚焦窗口计算得到的聚焦值。在聚焦窗口为中心 128×128 块的情况下, 由图 2(b) 所示只有本文提出

的算法可以产生可以信赖的聚焦值, 另外的算法都产生了局部极值, 不利于聚焦点确定。在书本图像的场景下, 尽管其他算法也可以探测出聚焦点的位置, 但是相比本文算法, 其他算法的聚焦值变化很

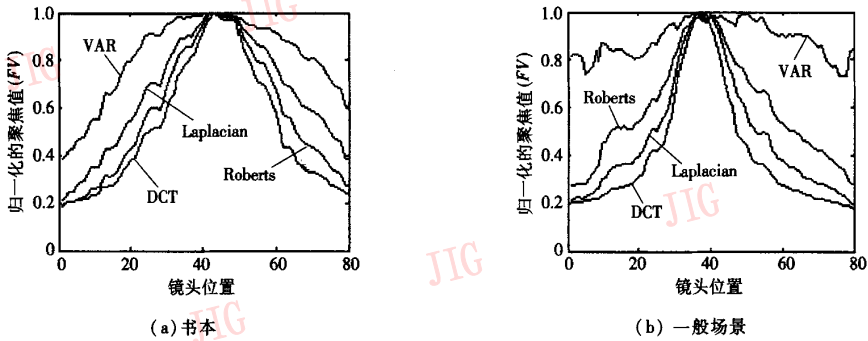


图 2 本文算法和已有算法的比较

Fig. 2 The compare between proposed algorithm and exiting algorithm

弱,并且在一般场景的情况下,罗伯特和拉普拉斯算法不能够计算出准确的聚焦值。方差算法在很多位置产生局部极大值,在两种场景下都不能计算出准确的聚焦值。通过图 2 的观察,可以明显地看到本文算法可以产生明显变化的聚焦值,可以压制脉冲和其他噪声的影响。再者,该聚焦算法在聚焦窗口为 128×128 的中心块的情况下可以产生准确的聚焦值,因此该算法相对于其他算法需要很少的运算。所以,该算法是非常有效的。

4 结 论

本文提出一个改进 DCT 聚焦值的计算算法,该算法只用于计算 DCT 的高频分量能量。一个好的聚焦算法应该满足以下条件:聚焦值最大值的位置即为聚焦位置、不存在任何可能导致聚焦错误的局部极大值、具有较强的抗噪能力以及聚焦速度比较

快。通过对以上算法的比较我们可以得出本文提出的算法都可以满足一个好的聚焦算法的条件。

参考文献 (References)

- 1 Nayar S K, Nakagawa Y. Shape from focus[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1994, 16(8): 824 ~ 831.
- 2 Jiang Zhi-guo, Han Dong-bin, Yuan Tian-yun, et al. Study on auto focusing algorithm for automatic microscope[J]. Journal of Image and Graphics, 2004, 9(4): 396 ~ 401. [姜志国, 韩冬兵, 袁天云等. 基于全自动控制显微镜的自动聚焦算法研究[J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(4): 396 ~ 401.]
- 3 Charfi M, Nyeck A, Tosser A. Focusing criterion [J]. IEE Electronics Letters, 1991, 27(4): 1233 ~ 1235.
- 4 Yang G, Nelson B J. Wavelet-based autofocusing and unsupervised segmentation of microscopic images[A]. In: IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems [C], Las Vegas, Nevada, 2003, 3: 2143 ~ 2148.