

数字图像清晰度评价函数的研究与改进

申 勤

(四川大学 锦江学院机械工程系, 四川 彭山 620860)

摘 要: 通过分析常见的图像清晰度评价函数, 针对自动对焦系统中图像清晰度评价问题, 提出了一种基于聚焦窗口的改进梯度评价函数算法。改进后的算法具有计算量小、实时性好、评价曲线单峰性好、灵敏度高、聚焦检测效率高等特点, 可以更好地满足自动对焦系统对图像清晰度评价的要求。

关键词: 图像清晰度; 自动聚焦; 评价函数

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)01-0032-02

Research and improvement of digital image clarity evaluation function

Shen Qin

(Department of Mechanical Engineering, Jinjiang College, Sichuan University, Pengshan 620860, China)

Abstract: By analyzing the common image clarity evaluation functions, an improved gradient algorithm based on focus windows is proposed for image clarity evaluation in auto-focusing system. The improved algorithm has the advantages of less computation, good real-time, single peak curve, high sensitivity and high efficiency. It can be well applied to auto-focusing system.

Key words: image clarity; auto-focusing; evaluation function

图像清晰度评价在图像分析和识别中具有重要的意义。数字图像评价函数是评价数字图像清晰度的重要依据, 是数字图像采集系统中实现自动聚焦的关键。聚焦性能取决于图像评价函数的准确性和实时性, 即图像评价函数应具有无偏性好、单峰性强、抗噪性能好、灵敏度高以及速度快等优点。图像模糊的本质是高频分量的损失, 聚焦图像比离焦图像包含更多的信息和细节, 这是设计聚焦评价函数的基础。

1 常见图像清晰度评价函数

目前, 图像清晰度评价函数已有较广泛的研究, 主要可以分为以下几类^[1-4]。

1.1 基于频率域特征的评价函数

图像的频率是表征图像中灰度变化剧烈程度的指标。根据傅里叶光学理论, 图像清晰度或聚焦的程度主要由图像中高频分量的多少决定, 首先将图像变换到频域, 然后提取高频分量作为聚焦评价标准。该类函数大多采用二维傅里叶变换来提取图像的高频分量。

如图 1 所示, 图 1(b) 是图 1(a) 经过二维傅里叶变换的频谱图像, 该图像的左上角点相当于直流分量, 图像中的各角区域对应低频分量, 而高频分量在图像的中

部区域。为了便于观察和计算, 将图像的低频分量移至中心区域, 高频分量移至图像的四角区域, 如图 1(c) 所示。这样, 越高频的分量距离图像中心就越远, 便于计算。例如, 可以将此距离的平方值作为权重予以评价图像。除了傅里叶变换外, 该类函数也可采用离散余弦变换或小波变换。采用频谱函数评价图像清晰度, 灵敏度高, 但是计算量大, 较难满足实时性要求。



图 1 图像二维傅里叶变换的频率分布

1.2 基于统计特征的评价函数

基于统计特征的评价函数如灰度熵函数, 图像的熵值是衡量图像信息丰富程度的一个重要指标, 由信息论可知, 一幅图像 I 的信息量是由该图像的信息熵 $H(I)$ 来度量:

$$H(I) = - \sum_{i=0}^{L-1} p_i \ln p_i \quad (1)$$

式中, p_i 是图像中灰度值为 i 的像素出现的概率, L 为灰度级总数。根据香农信息理论, 熵最大时信息量最多。将此原理用于对焦过程可知, $H(I)$ 越大, 则图像越清晰。熵函数灵敏度不高, 依据图像内容的不同容易出现与真实情况相反的结果。

1.3 基于空间域特征的评价函数

当图像清晰时, 图像细节丰富, 在空间域表现为相邻像素的特征值(如灰度等)变化较大。设图像 I , 大小为 $M \times N$ (像素), $I(x, y)$ 表示该图像 (x, y) 点像素的灰度值(在没有特别说明的情况下, $0 \leq I(x, y) \leq 255$), $f(I)$ 表示图像 I 经过评价函数处理后的结果。

1.3.1 TenenGrad 函数(能量梯度函数)

TenenGrad 函数如式(2)所示:

$$f(I) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \{[I(x+1, y) - I(x, y)]^2 + [I(x, y+1) - I(x, y)]^2\} \quad (2)$$

在图像处理中, 梯度函数常被用来提取边缘信息, 对焦良好的图像, 边缘更尖锐, 有更大的梯度值。该函数采用纵横相邻点的差分计算一个点的梯度值, 单峰性好, 可靠性高。

1.3.2 方差函数

方差函数如式(3)所示:

$$f(I) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \{[I(x, y) - I_{\text{mean}}]^2\} \quad (3)$$

式中, I_{mean} 表示图像的灰度平均值, 该函数对噪声较为敏感, 图像画面越纯净, 函数值越小。

1.3.3 Vollaht 函数

Vollaht 函数如式(4)所示:

$$f(I) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [I(x, y)I(x+1, y) - M \times N \times I_{\text{mean}}^2] \quad (4)$$

Vollaht 函数在图像噪声显著时表现较好。

1.3.4 平方梯度函数

平方梯度函数如式(5)所示:

$$f(I) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \{[I(x, y+1) - I(x, y)]^2\} \quad (5)$$

与 TenenGrad 函数和基于图像互相关函数相比, 平方梯度函数有更好的单峰特性, 使得聚焦搜索过程更加快速有效。

通过对以上常见评价函数的分析可知, 平方梯度函数更加适合用于实时评价图像清晰度的场合。在实际应用中, 为了使聚焦搜索的过程兼顾准确性与实时性, 对梯度函数加以改进, 以突出聚焦区域、减小计算量、提高检测效率。

2 改进的清晰度评价函数

考虑到图像的主体较中心区域有明显的优势以及人类视觉的特点, 评价函数只需针对图像的中心十字区域计算, 忽略图像的四角, 加强中央区域的权重, 如图 2 所示。并且

	A	
C	O	D
	B	

图 2 图像区域划分

采用对角相邻点的差分平方值来计算一个点的梯度值:

$$f(I) = 2f_r(O) + f_r(A) + f_r(B) + f_r(C) + f_r(D) \quad (6)$$

$$f_r(I_R) = \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} \{[I_R(x+1, y+1) - I_R(x, y)]^2\} \quad (7)$$

式中, I 表示整幅图像, A 、 B 、 C 、 D 、 O 表示图像 I 中的不同区域的子图像, 子图像大小为 $W \times H$ (像素), $I_R(x, y)$ 表示该子图像 (x, y) 点像素的灰度值。

3 实验分析

选取图像大小为 640×480 的两组图像序列, 每组图片均为 20 张, 第一组图片为室内物体, 第二组图片为室外景物。如图 3 所示。



图 3 实验图像

由于基于频率域特征、统计特征类型的评价函数计算量偏大, 难以满足实时性要求, 因此, 实验中选用了几种常见的基于空间域特征的评价函数做对比, 实验结果如图 4 所示。从两组实验情况来看, 方差函数与 Vollaht 函数评价曲线接近。TeneGrad 函数、平方梯度函数以及本文算法都具有较好的单峰性, 灵敏度高, 对于失焦图像评价函数值迅速衰减。TeneGrad 函数与平方梯度函数评价曲线相似。从图 4(a) 中可以看出, 本文算法对于镜头下物体的聚焦情况具有更好的灵敏度, 评价曲线衰减迅速。图 4(b) 中, TeneGrad 函数、平方梯度函数以及本文

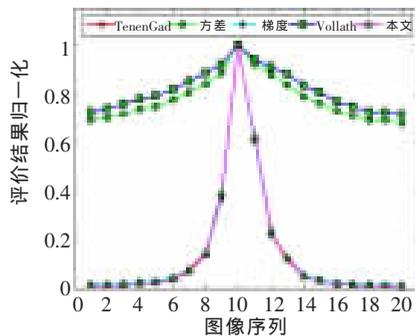
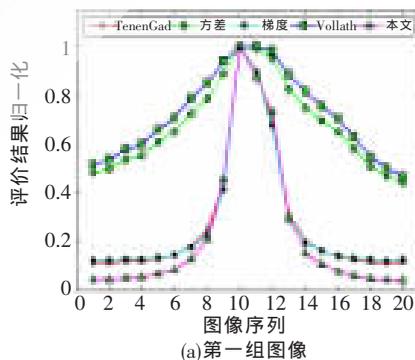


图 4 图像评价结果

算法评价曲线非常接近,难以区分,但是通过查看实验数据可知,三种算法的评价曲线衰减速度:本文算法>TeneGrad函数>平方梯度函数。这说明本文算法对室外景物图像的聚焦判断依然有较好的表现。

通过对梯度评价函数的改进,本算法的计算量可以减少44%,且突出了聚焦区域,评价曲线衰减迅速,单峰性好,具有较高的灵敏度,提高了聚焦搜索的检测效率。

针对自动对焦系统中图像清晰度评价问题,本文提出了一种基于聚焦窗口的改进梯度评价函数算法,改进后的算法具有计算量小、实时性好、评价曲线单峰性好、灵敏度高、聚焦检测效率高等特点,可以更好地满足自动对焦系统对图像清晰度评价的要求。

参考文献

- [1] 王昕.基于提升小波变换的图像清晰度评价算法[J].东北师大学报(自然科学版),2009,41(4):52-57.
- [2] 吴利明.一种新的图像清晰度评价方法[J].仪器仪表用户,2008,15(6):84-86.
- [3] 孙越.一种改进的图像清晰度评价函数[J].应用科技,2009,36(9):52-55.
- [4] 郭军.基于熵函数的快速自动聚焦方法[J].计量技术,2003(11):30-32.

(收稿日期:2010-08-07)

作者简介:

申勤,女,1982年生,助教,硕士,主要研究方向:光机电一体化,智能检测与控制等。

电子技术应用
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE
www.chinaAET.com