

红外成像区域法自动调焦聚焦区域的研究

郑 晟,李昀姗,方万利,吴 诚

(云南民族大学 电气信息工程学院,云南 昆明 650500)

摘 要: 在红外成像区域法自动调焦系统中,聚焦区域选择很重要。为此,对一组红外图像进行实验仿真,选择相同大小、不同位置的聚焦区域观察其对调焦评价函数曲线的影响,以及选择同一聚焦位置、不同大小的聚焦区域观察其对调焦评价函数曲线的影响,通过分析得出聚焦区域选择的基本原则。

关键词: 红外成像;自动调焦;聚焦区域;调焦评价函数

中图分类号: TN219

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)07-0043-03

Study of the focus area in the automatic focusing system of infrared imaging zone method

Zheng Sheng, Li Yunshan, Fang Wanli, Wu Cheng

(School of Electrical and Information Technology, Yunnan University of Nationalities, Kunming 650500, China)

Abstract: In the automatic focusing system of infrared imaging zone method, the selection of focus area is very important. To choose the position of focus area and the size of image, this paper did experimental simulation with a group of infrared image, to observe that focus area influence on the curves of focusing appraisal function selecting the same size different positions and the same position different sizes of the focus area, and getting the basic principles of the focus area selection through the analysis.

Key words: infrared imaging; automatic focus; focus area; focusing appraisal function

红外成像区域法自动调焦是利用调焦评价函数对聚焦区域图像质量进行评价^[1],然后通过搜索算法进行极点搜索、移动方向和步长,直至获取图像质量最佳的一个控制反馈过程。

区域图像是从图像出发,在一幅待分析图像上重新划定图像清晰度评价区域,区域图像选择一方面可以减少数据处理量,加快聚焦速度;另一方面通过选取兴趣区域,可以消除非兴趣区域对评价函数曲线的影响,提高聚焦精确度。大多数情况下,兴趣区域为图像的前景部分,聚焦区域即前景图像,而背景图像会使评价函数曲线出现很多局部“峰值”。

1 聚焦区域

1.1 图像清晰度评价函数

图像清晰度评价函数又称调焦评价函数。采用图像法自动调焦的关键问题在于图像清晰度评价函数的选取,理想的评价函数应具备无偏性、单峰性、抗干扰能力强、能反映离焦的极性、灵敏度高和计算量小等特性。在本文的仿真中,选用平方梯度函数作为图像清晰度评价

函数^[2]:

$$F(k) = \sum_M \sum_N |I(i, j+1) - I(i, j)|^2$$

用平方梯度函数对 58 幅红外图像的 MATLAB 仿真结果如图 1 所示。

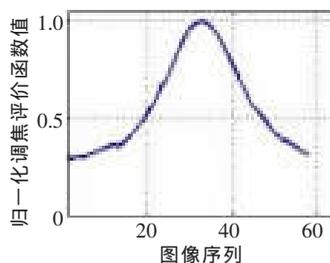


图 1 平方梯度函数

由图 1 可以看出,该函数曲线在开始位置变化相对平缓,但在焦点位置附近,曲线比较尖锐但相对比较平滑,灵敏度较高,所以选择平方梯度函数作为区域图像法自动调焦仿真的调焦评价函数。

1.2 聚焦区域

聚焦区域选择的原因^[3-4]主要有:

(1)可以大大减少数据处理量

图像聚焦评价函数对图像进行清晰度评价的计算量与参与计算的图像像素数成正比,即参与运算的图像像素的减少将决定清晰度评价函数的运算量的减小,从而提高运算速度。例如,对一幅 720×540 大小的图像进行聚焦区域图像选择,设定大小为 180×135 的区域图像,则数据处理量可减小 $1 - \frac{180 \times 135}{720 \times 540} = 93.75\%$,清晰度

评价函数的数据处理量可缩短为原来的 6% 左右。由此可见,聚焦区域的选择,极大地降低了系统的计算量和极大地简化了算法的实现。

(2)可提高图像目标的对焦效果

当选择目标区域作为聚焦区域图像的清晰度评价区域时,调焦对象的评价范围从之前的整张图缩减到一定大小的区域图像内,除去红外图像中无关背景因素的影响,与判断整幅图像相比,这样能最大限度地提高目标对焦的清晰度,从而提高聚焦精确度。

1.3 聚焦区域选择的区别

采用聚焦区域进行自动调焦时,为了研究聚焦区域的选择原则,掌握选择不同位置的区域图像对调焦评价函数曲线的影响,本文利用已有的 58 幅离焦-清晰-离焦的图像序列进行仿真分析。已知第 33 幅红外图像为正焦图片,因此选择如图 2 所示的三个不同的区域作为聚焦区域,采用平方梯度函数对 58 幅红外聚焦图像序列计算评价函数值。

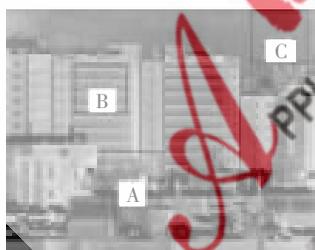


图 2 不同聚焦区域

其中 A 区域采用丰富边缘的图像块, B 区域边缘图像块并不非常明显, C 区域为无明显边缘的图像块,运用平方梯度函数对窗口区域作出评价函数曲线。

1.4 同一聚焦区域不同聚焦窗口大小

本研究进行聚焦区域大小选择的直接原因是为了减少调焦评价函数的计算时间,使自动对焦过程尽可能地缩短。由于对图像进行分析处理所消耗的时间基本上与参与计算的图像像素成正比,为了达到调焦的实时、快速性要求,在算法一定的情况下,只有减少参加运算的像素数量才能实现。但是减少参与运算的像素就意味着要适当地缩小参与调焦评价函数运算的区域图像,而聚焦区域的减少会对调焦评价函数曲线有影响。

因此,当选定某一位置的区域图像进行自动调焦

时,为了研究同一聚焦区域窗口的大小对调焦评价函数曲线的影响,本研究在同一聚焦像素点位置上分别选用如图 3 所示不同大小的窗口,分别计算几种情况的评价函数值,分析不同大小窗口评价函数曲线,并通过实验仿真来分析得出所需要的结果。



图 3 同一聚焦区域不同大小窗口

2 计算仿真及结果

为了分析不同位置的聚焦区域对调焦评价函数曲线的影响,选用大小为 720×576 的 58 张红外图片,其中的 A、B、C 区域分别为以 (300×380)、(220×200)、(600×90) 像素点为中心大小为 100×100 的正方形区域。对聚焦区域 A、聚焦区域 B、聚焦区域 C 分别计算调焦评价函数值,调焦评价函数选用梯度平方函数,最终得到的特征曲线如图 4 所示。

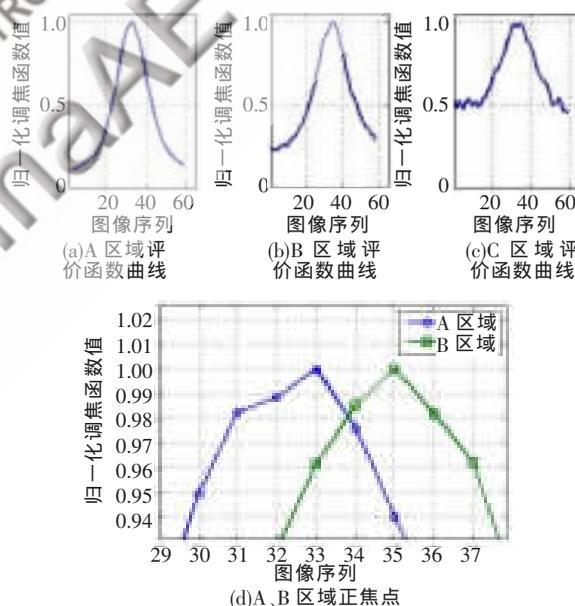


图 4 相同大小不同聚焦区域调焦评价函数曲线

从图 4(a)、(b)、(c)中可以看出,相对于 B、C 两个聚焦区域,聚焦区域 A 的评价函数曲线在聚焦点附近仍保持了很高的灵敏度,而 C 区域的函数曲线图 4(c)与 A、B 两个区域的函数曲线图 4(a)、(b)相比,不仅不能满足单峰性,而且灵敏度低,还有很多局部“峰值”,可见 C 区域明显不能满足调焦曲线函数的要求。由图 4(d)可知, A 区域正焦图为第 33 幅,与系统给定的正焦图片一样,选择 A 区域作为聚焦区域可以达到正确对焦的效果。而

B 区域正焦图为第 35 幅, 所选聚焦区域已经造成了误对焦, 而且 B 区域的评价函数曲线还出现了不少局部“峰值”。

由于图像噪声近似为高斯白噪声, 噪声点分布也是随机的, 所以不同聚焦区域的选择总会引入一些噪声, 对无明显边缘信息的 C 窗口, 调焦评价函数曲线出现随机波动, 受噪声的影响比较大; 对于边缘丰富的 A 窗口, 调焦评价函数曲线单峰值尖锐。由此可以看到, 在同样引入了噪声的情况下, 聚焦窗口图像边缘能量^[5]信噪比越高, 对噪声的抑制能力越强, 评价函数曲线性能越好。从而证明了细节丰富的聚焦区域具有更好的调焦特征曲线。因此, 选择细节丰富的区域进行调焦, 对提高精度十分有利。

为了分析既定的聚焦区域位置、不同大小的聚焦窗口对调焦评价函数曲线造成的影响, 本研究选用 A 区域中(300×380)像素点为中心, 分别绘出如图 3 所示的不同大小的正方形, 分别为 10×10、50×50、100×100、120×120、150×150 大小的窗口, 得到调焦评价函数曲线分别如图 5、图 6 所示。

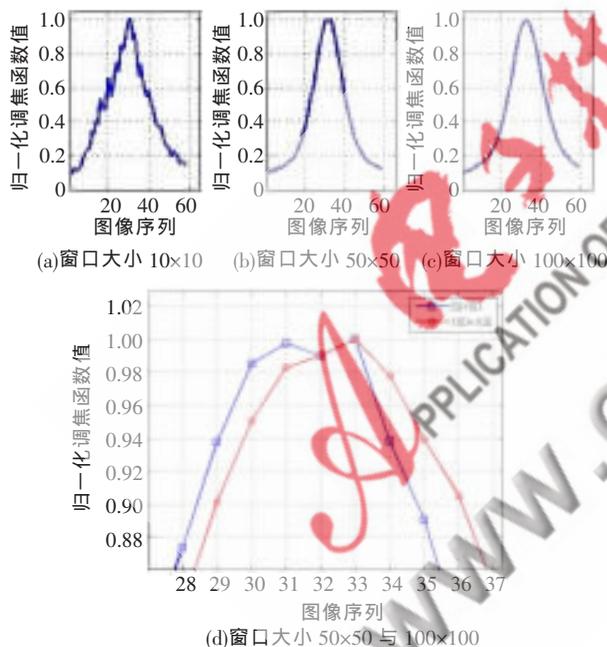


图 5 相同位置不同大小聚焦窗口下的调焦函数曲线

分析图 5 可以得出: 当聚焦区域太小、包含的红外图像的信息太少时, 调焦评价函数性能会变差或不能用于自动调焦(如图 5(d)); 当聚焦区域为 50×50 大小时, 出现了局部峰值, 不满足单峰性, 会干扰自动调焦; 当聚焦区域进一步缩小为 10×10 大小时(如图 5(a)), 这时的区域内所包含的红外图像信息被大幅度消减, 曲线出现大幅波动, 已不符合调焦评价函数的选取要求。

分析图 5 和图 6 可以得出: 选用更大面积的聚焦区域不一定能使评价函数性能更好, 如图 6(c) 所示,

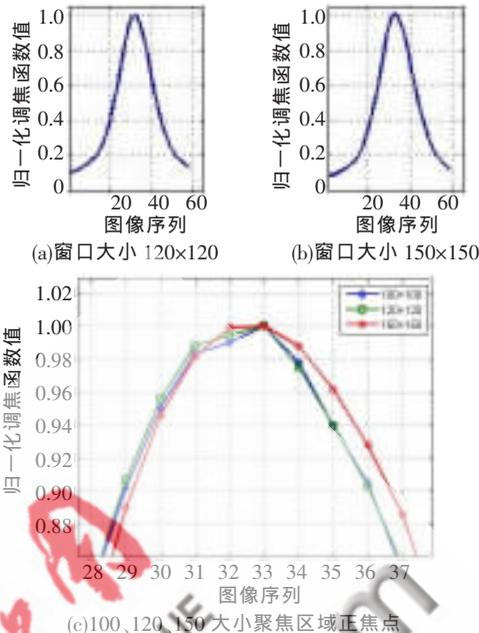


图 6 不同大小聚焦窗口下的调焦函数曲线

150×150 区域在第 32 幅图的时候就已经基本达到了最大值, 100×100、120×120 区域窗口的调焦评价函数曲线的灵敏度均要好于 150×150 区域窗口的评价函数曲线。

通过以上的分析可知, 聚焦区域选择的重要原则是: 尽可能选择边缘丰富的图像区域, 减少无边界的背景区域的选入, 以避免引入更多的噪声; 当所选聚焦区域太小, 则调焦评价函数性能会变差或不能用于自动调焦, 应尽可能选择大的窗口以保持评价函数的稳定性, 但是越大的聚焦窗口评价函数性能未必就越好, 反而可能引入越多无关的背景, 因此, 应该尽可能少地引入无关的背景以保证评价函数的单峰性。

参考文献

- [1] ZHU K F. An effective focusing algorithm based on non-uniform Sampling [C]. IEEE VLSI' 2005 Suzhou, 2005: 276-278.
- [2] 陈琛. 图像式三坐标测量仪大范围快速自动调焦策略的研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [3] 麻恒阔, 魏国强. 基于图像处理自动调焦方法的稳定性研究[J]. 航空精密制造技术, 2007, 43(2): 34-35.
- [4] 李奇, 徐之海. 数字成像系统自动对焦区域设计[J]. 光子学报, 2002, 31(1): 64-65.
- [5] 周贤. 基于图像边缘能量的自动聚焦算法[J]. 光学技术, 2006, 32(2): 213-217.

(收稿日期: 2010-12-15)

作者简介:

郑晟, 男, 1985 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 红外热成像技术。