

文章编号: 1672-8785(2010)06-0005-05

红外成像自动调焦中动目标对焦窗口选择研究

李明明 王新赛 李 坚 张 勇

(防空兵指挥学院, 河南郑州 450052)

摘 要: 红外成像自动调焦评价函数的计算耗时较多, 对自动调焦的实时性有很大的影响。选择整幅图像中最重要的目标区域作为自动调焦评价对象, 可有效解决传统的对焦窗口选择方法不适合动目标的问题, 并可在保证调焦精度的同时有效降低系统的计算量和大大改善自动调焦的效率。为了快速有效地找到该区域, 提出了基于模板匹配、可使对焦窗口缩小并锁定在目标区域的动目标对焦窗口选择方法。实验结果表明, 该方法具有运算复杂度低、针对性强等优点, 且其调焦特性曲线的灵敏度也较高。

关键词: 对焦窗口选择; 自动调焦; 红外成像; 模板匹配

中图分类号: TN21 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2010.06.002

Study of Focus Window Selection for Moving Target in Auto-focusing of Infrared Images

LI Ming-ming, WANG Xin-sai, LI Jian, ZHANG Yong

(Air Defense Forces Command Academy, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Calculation of the auto-focusing evaluation function for infrared images is time-consuming and has a great influence on the real-time auto-focusing. By selecting the most important target area in an image as an auto-focusing evaluation object, the problem that the traditional focus window selection method is not suitable for moving targets can be solved effectively. To find the most important target area in an image effectively, a moving target focus window selection method based on template matching is proposed. With this method, the focus window can be shrunk and locked in the target area. Experimental results show that this method has the advantages of low calculation complexity and better pertinence etc. and its auto-focusing curve sensitivity is better.

Key words: focus window selection; auto-focusing; infrared imaging; template matching

1 引言

对焦窗口选择就是从图像本身出发, 在一幅待分析图像上重新划定图像清晰度评价区域。这不但可以增加图像清晰度评价函数的评价区域的针对性, 而且可明显缩小图像清晰度评价函数的计算范围, 增加计算的有效性, 降低系统

的计算量, 提高系统的计算速度, 从而达到更好的实时性。

传统的对焦窗口选择方法大都是为固定目标选择固定区域, 这样缺乏针对性, 无法适应红外成像中运动目标的特点。本文提出了基于模板匹配的对焦窗口选择方法, 有效地解决了上述问题。

收稿日期: 2010-03-01

作者简介: 李明明 (1984-), 男, 河南漯河人, 硕士, 主要从事红外与成像制导技术研究。E-mail: limingming198418@yahoo.com.cn

2 常用的对焦窗口选择方法

2.1 对焦窗口选择的原因分析

对焦窗口选择的原因基于以下两个方面:

(1) 对焦窗口选择可大大减小系统的计算量。

图像清晰度评价函数对图像进行清晰度评价的计算量同参与计算的图像像素数成正比, 这就意味着参与运算的图像像素数的减少可使清晰度评价函数的运算量减小, 从而提高运算速度, 达到更好的实时性。例如: 如果对一幅 320×240 大小的图像进行对焦窗口选择, 设定大小为 64×48 的区域, 则计算量可减小 $1 - \frac{64 \times 48}{320 \times 240} = 96\%$, 清晰度评价函数的运算时间可缩短为原来的 4%, 这将极大地提高系统和算法实现的实时性。

(2) 对焦窗口选择可提高图像目标对焦效果。

当选择目标区域作为对焦图像的清晰度评价区域时, 可把调焦对象的评价范围从整体图像缩小到一定大小的对焦窗口内, 剔除红外图像中无关背景因素的影响, 比对整幅图像进行判断, 这样便能最大限度地提高目标对焦的清晰度, 从而提高发现和识别目标的效果和概率。

2.2 传统的对焦窗口选择方法

根据文献检索, 常用的对焦窗口选择方法有以下几种^[1-3]:

(1) 中央区域选择法

中央区域选择法是选取整幅图像中心的 $M \times N$ 区域作为自动调焦评价区域。例如, 对于一幅大小为 320×240 的红外图像, 其中心区域点为 (160,120), 如果选择调焦中心为 $M \times N$ 大小的区域, 则对焦评价区域就是起始点为 $(160 - M/2, 120 - N/2)$ 、终点为 $(160 + M/2, 120 + N/2)$ 的方形图像区域。

(2) 多区域选择法

多区域选择法是选择图像中具有代表意义的几个特殊区域作为调焦评价区域。该方法是在中央区域选择法的基础上发展而来的, 它弥

补了中央区域选择法的不足。它是在中央区域方块的四个对焦区域或者上、下、左、右四个区域中再取相同大小的区域作为调焦评价区域的。常用的有两种方法, 如图 1 所示。

(3) 基于黄金分割点的对焦窗口选择法

一幅画面 (图像) 中除了中心点是人的视觉要点以外, 还有另外四个点也同样是视觉关键点, 即画面中的四个黄金分割点, 如图 2 中所示的 A、B、C、D。文献 [1] 提出了在权重分配的基础上进行基于黄金分割点的对焦窗口选择方法。

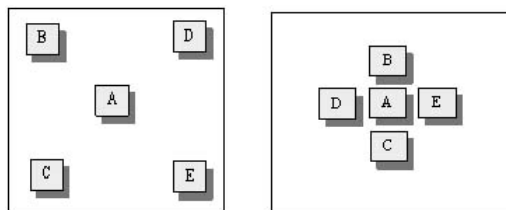


图 1 多区域选择法的示意图

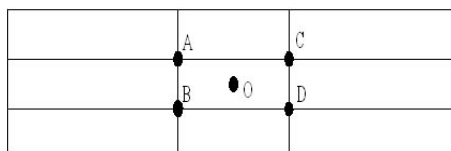


图 2 黄金分割点对焦窗口选择法的示意图

不同区域的权重通过统计结果和神经网络方法逐个分析得出, 得到验证的不同区域的权重分配公式为

$$E = 5E_O + 4(E_A + E_B + E_C + E_D) \quad (1)$$

2.3 对焦窗口选择方法分析

通过以上分析可发现, 传统的对焦窗口选择方法存在以下特点: 它们都是基于事先约定的固定区域的对焦窗口选择方法, 不能精确地选择目标区域, 缺乏针对性, 且没有考虑到进行对焦区域选择的另一个重要原因即让成像主目标的成像质量最佳化, 这不适合红外成像中含有运动目标的特点。于是本文提出基于模板匹配的对焦窗口选择方法, 即在目标分割的基础上, 通过模板匹配选择目标区域, 并在目标区域内进行图像清晰度的评价, 使得计算和调焦更具有针对性。

3 基于模板匹配的对焦窗口选择方法

3.1 模板匹配原理

模板匹配^[4]是数字图像处理的重要组成部分。将不同传感器或同一传感器在不同时间和不同成像条件下对同一景物获取的两幅或多幅图像在空间上进行对准, 或根据已知模式到另一幅图中寻找相应模式的处理方法就叫做模板匹配。

图 3 为模板匹配算法的示意图, 模板图像 (b) 叠放在原始图像 (a) 上进行平移搜索, 模板掩盖下的部分记为 $S^{i \times j}$, 其中 i, j 是这块子图的左上角像素在 S 图中的坐标。从图中可以得出 i, j 的取值范围: $1 \leq i \leq K-M+1, 1 \leq j \leq L-N+1$ 。

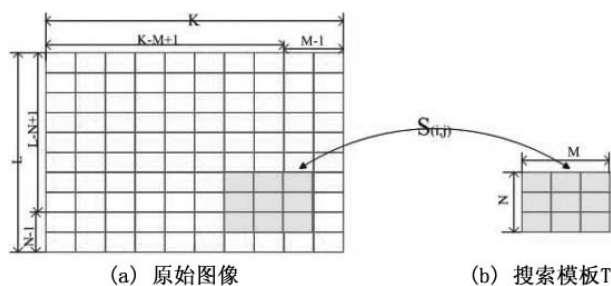


图 3 模板匹配示意图

衡量模板 (b) 和原始图像 (a) 区域 $S^{i \times j}$ 的匹配程度 (相似程度) 可用下式来表示:

$$D(i, j) = \sum_{n=1}^n \sum_{m=1}^m [S^{i,j}(m, n) - T(m, n)]^2 \quad (2)$$

或

$$D(i, j) = \sum_{n=1}^n \sum_{m=1}^m |S^{i,j}(m, n) - T(m, n)| \quad (3)$$

当图像的相似程度最高时, 其值达到最大。

3.2 二值化模板匹配

经过 Otsu 阈值分割后的图像为二值化图像, 所以本文采用二值化匹配。二值化匹配是一种简化的匹配方式, 因为二值化图像中只有 0 (黑色) 和 1 (白色) 两种灰度, 这样就大大简化了匹配的计算量。它的具体过程如下:

第一步: 首先从采集的多幅 (一般为 10 幅) 经 Otsu 阈值分割后的二值图像中截取带有目标的固定大小的模板图像。然后求出所有模板图像中的平均值, 并把由各像素平均值组成的新图像保存为标准模板。

第二步: 相似度计算。用模板在二值图像中进行卷积, 并规定一个阈值。当达到阈值时就可以初步认为符合匹配条件, 同时将阈值规一化到 $[0 \sim 1]$ 的空间内。

$$\text{阈值} = \frac{\sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} f(x+j, k+y)}{\text{模板中的像素总数}} \quad (4)$$

式中, $\sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} f(x+j, k+y)$ 为在图像卷积中每个模板大小面积里符合条件的像素数。

$$\begin{aligned} & \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} f(x+j, k+y) \\ &= \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} t(j, k) \square g(x+j, k+y) \end{aligned} \quad (5)$$

式中, $g(x, y)$ 为 $M \times N$ 大小的原图, $t(j, k)$ 为 $J \times K$ 大小的模板图像。符号 $\square$ 表示同或操作, 即两点的灰度值相同时取 1, 否则取 0。最大值处即为目标区域的中心位置。

第三步: 对焦区域选择。通过目标区域中心位置的确定, 在其基础上进行区域面积的扩展。本文选取搜索模板区域的四倍面积作为图像对焦评价区域。

3.3 模板匹配试验结果

图 4(a) 为搜索模板图像。图 4(b) 为以模板图像中心点为基准点, 对模板图像进行四倍扩大后的对焦评价区域。图 4(c) 为二值化图像的对焦区域选择图。图 4(d) 为在图 4(c) 的基础上通过平移对焦区域后的原始红外图像的对焦区域选择图。

4 实验结果及分析

本节的试验分析将采集一系列带有目标的红外图像 (如图 5 所示, 白框为对焦选择区域),

利用基于模板匹配的对焦窗口选择方法对其进行对焦区域的选择,并将其分为两类来进行图像清晰度评价函数曲线的绘制:类一为只把目标区域(64×48)作为清晰度评价函数的评价对象进行函数曲线的绘制;类二为把整幅红外图像(320×240)作为清晰度评价函数的评价对象进行函数曲线的绘制。对曲线作归一化处理,再进行对比分析(通过文献[5-9]的分析和采集序列红外图像的实际试验,我们选用 Brenner 函数作为图像清晰度评价函数模型,其中 Z1、Z2、Z3、Z4、Z5、Z6 分别代表 Brenner 函数、Variance 函数、梯度平方函数、Tenengrad 函数、SMD 函数、拉普拉斯函数,归一化对比曲线如图 6 所示)。

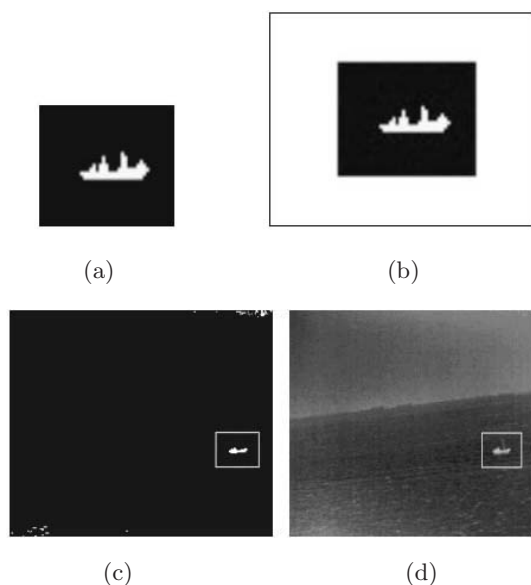


图 4 对焦区域选择图

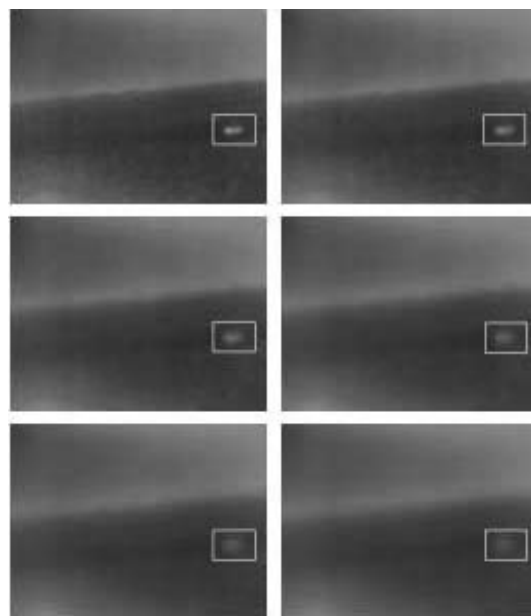
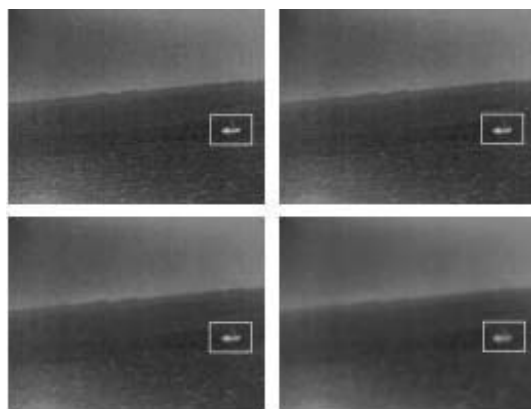


图 5 红外图像的不同清晰度序列图

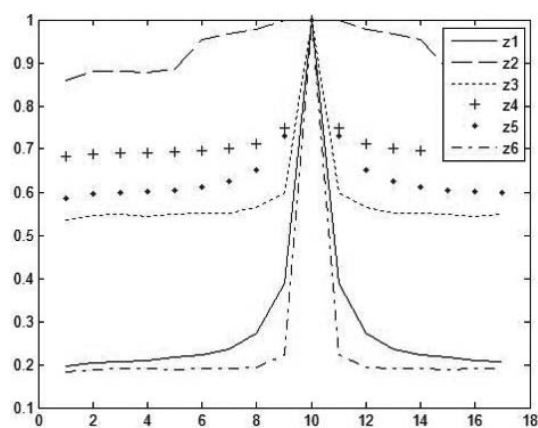


图 6 清晰度评价函数曲线

如图 7 所示, Z1 为类一中利用基于模板匹配的对焦窗口选择方法进行对焦区域选择后的红外图像的评价函数曲线, Z2 为类二中把整幅红外图像作为清晰度评价函数评价区域的评价函数曲线。

通过模型分析和归一化处理后的曲线对比可以看出:

(1) 曲线 Z1 的函数曲线灵敏性要优于曲线 Z2, 这也就意味着 Z1 更适合图像清晰度评价函数的高灵敏性要求。

(2) 与常用的对焦窗口选择方法相比, 基于模板匹配的对焦窗口选择方法更适合红外序列图像中含有运动目标的特点。

(3) 与把整幅图像作为评价区域相比, 该方法的计算量可以减少 $1 - \frac{64 \times 48}{320 \times 240} = 96\%$, 只为原来的 4%; 与其它常用的对焦窗口选择方法相比, 它有效地减少了算法模型的计算量, 大大提高了算法的实时性和工程应用的可能性。

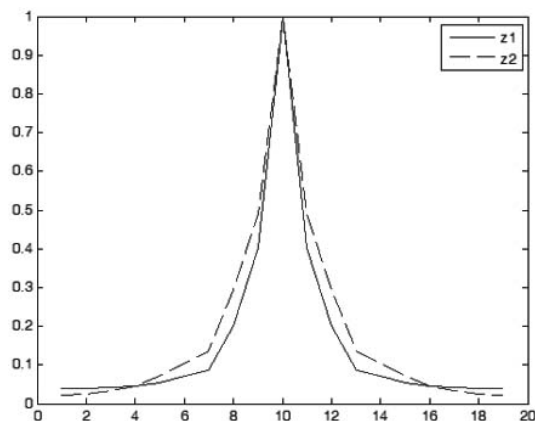


图 7 对焦窗口选择法的 Brenner 函数曲线对比图

5 结论

综上所述, 文中提出的对焦窗口选择方法有效地解决了红外成像自动对焦过程中含有动目标情况下的自动对焦窗口选择问题。该算法计算量小, 提高了系统的实时性和工程应用的可能性, 其清晰度评价函数曲线具有更好的稳定性和更高的灵敏性, 为红外成像自动调焦系统的对焦窗口选择问题提供了一种新的解决方法。

法。

参考文献

- [1] 李奇. 数字自动对焦技术的理论及实现方法研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
- [2] 李奇, 徐之海, 冯华君, 等. 数字成像系统自动对焦区域设计 [J]. 光子学报, 2002, 31(1): 63-66.
- [3] 袁珂. 数字成像系统的自动调焦理论和技术研究 [D]. 长沙: 长沙理工大学, 2006.
- [4] 金芳, 李君波, 杨勇. 基于模板匹配与运动预测的跟踪算法研究 [J]. 微计算机信息, 2007 (23): 313-315.
- [5] QU Yu Fu. Study of Visual Aiming Gauge Head [D]. Thesis for the Master's Degree in Engineering. Haerbin Institute of Technology, 2001: 33-36.
- [6] Bao Getang, Zhao Hui, Tao Wei. Algorithm's Study on Automatic Focusing for Image Measurement Technology [J]. Journal of Shang Hai Jiao Tong University. 2004, 39(1): 120-124 (in Chinese).
- [7] 胡涛. 机器视觉中的自动调焦及形貌恢复技术研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2007.
- [8] David Atkinson, Derek L G Hill, Peter N RStoyle, et al. Automatic Correction of Motion Artifacts in Magnetic Resonance Images Using an Entropy Focus Criterion [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 1997, 16(6): 903-910.
- [9] LiXi, Liu Guosui, Ni Jinlin. Autofocusing of ISAR Images Based on Entropy Minimization [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic System, 1999, 35(4): 1240-1252.

新闻动态 News

印度国家技术研究所拟建立太赫兹技术发展中心

据 www.indiaprwire.com 网站报道, 位于印度瓦朗加尔市的印度国家技术研究所拟建立该国第一个太赫兹技术发展中心。该中心的技术合伙单位是位于印度海得拉巴市的 M/S 太赫兹技术公司, 后者与在这一尖端技术领域处于全球领先地位的英国 M/S TeraView 公司具有协作关系。

印度国家技术研究所曾经于 2009 年 12 月 14 日举办过一次关于太赫兹科学与技术的趋向和挑战的研讨会, 旨在提高对这一技术的潜在机遇和挑战的认识。该研究所的有关专家称, 爆炸物探测是当今世界面临的最大问题, 目前还没有可用于探测类似地雷和人弹的爆炸物的潜在技术, 而太赫兹技术将是最有用的技术。

该太赫兹技术发展中心将利用与英国 M/S TeraView 公司合作的技术进行技术应用和产品研发。

□ 高国龙