文章编号:1001-5078(2014)08-0949-04 ·图像与信号处理·

基于可调阈值窗口的红外盲元检测算法

阚博涵,殷金坚,李凌杰,穆 宇
(华北光电技术研究所,北京 100015)

摘 要:提出了一种基于窗口阈值可调整的红外盲元检测算法。该算法将一帧图像按窗口大小进行分割,通过调节窗口内阈值,计算窗口内的均值和标准差之间的大小关系,达到精确判断盲元的目的。试验结果表明,该算法盲元定位准确,盲元检测率高,能大幅提升红外图像质量。

关键词:盲元;窗口;可调阈值;红外图像
中图分类号:TP391.4 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2014.08.026

IR blind pixels detection algorithm based on adjustable threshold window

KAN Bo-han,YIN Jin-jian,LI Ling-jie,MU Yu
(North China Research Institute of Electro-optics,Beijing 100015,China)

Abstract: An infrared blind pixels detection algorithm based on adjustable threshold window is presented. Through adjusting the window threshold,the magnitude between symmetrical value and standard difference is calculated,which can estimate the blind pixels accurately. The experimental results show that this algorithm finds the blind pixels accurately and detects the blind pixels very well,so it can improve the infrared image quality greatly.

Key words:blind pixels;window;adjustable threshold;infrared image

1 引 言

制冷型凝视红外焦平面探测器(IRFPA)以其灵敏度高、探测能力强、输出帧频高及图像稳定性好等优点在红外侦察系统、红外导引和跟踪等系统中得到广泛应用,但由于半导体材料的不一致性、制作工艺、多通道读出电路设计不一致性等因素的影响[1],红外焦平面探测器不可避免的出现诸如非均匀性、盲元等问题,这些问题对正常的红外图像造成了巨大的影响。从目前的文献来看,国内外盲元处理的基本算法是中值滤波、领域插值和基于窗口的算法,这些方法能有效地检测和处理大部分盲元,但并没有考虑红外成像系统光学、探测器输出温漂等因素,因此会不可避免地遗漏部分变化不定的盲元或者误判某些正常像元,如图1所示,本文提出了一种基于窗口阈值可调整的红外盲元检测算法,能大幅提升盲元检测的成功率,降低盲元误判,对改善红外图像质量有重要意义。

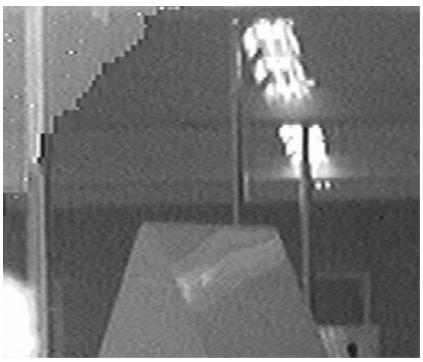


图1 盲元遗漏及误判的红外图像

作者简介:阚博涵(1987-),男,本科,现主要从事红外成像技术研究工作。

收稿日期:2014-01-10;**修订日期:**2014-03-12

2 盲元模型

通过标准黑体给出了探测器的盲元模型，假设探测器规模为320×256，其中某个像元(i,j)的响应率$R(i,j)$为红外探测器阵列在一定的积分时间内对单位辐射照度功率的红外线产生的输出电信号[2-3]，见公式(1)：

$$R(i,j) = \frac{V(i,j)}{P} \tag{1}$$

式中，$i = 0 \sim 319$；$j = 0 \sim 255$；$V(i,j)$为像元对应于辐射照度功率P的响应电压。

由公式(1)可得红外探测器有效像元的平均响应率[2-3]：

$$\overline{R} = \frac{1}{M \times N - (d + h)} \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} R(i,j) \tag{2}$$

式中，$M = 320$；$N = 256$；d和h分别是无响应像元和异常像元(响应明显易于正常像元)数。在实际计算过程中，d和h随阈值的改变而发生变化。

根据以上公式，可以通过设置$R(i,j)$和$\overline{R}$之间的比例关系得出探测器的像元响应率分布模型，如图2所示。

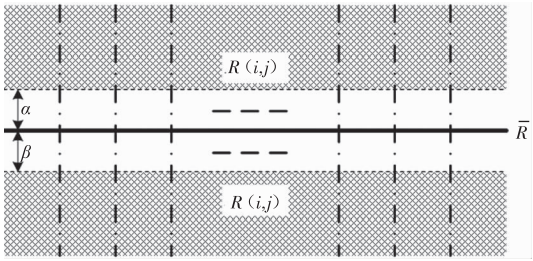


图2 探测器像元响应率分布模型

图2中，α表示盲元检测的上限，它说明了盲元的响应率超出平均响应率的水平，即满足以下关系：

$$R(\mathrm{dot}) \geqslant (1 + \alpha)\overline{R} \qquad (\alpha > 0) \tag{3}$$

式中，$R(\mathrm{dot})$表示盲元的响应率；$\overline{R}$表示窗口内的平均响应率。

β表示盲元检测的下限，它说明了盲元的响应率低于平均响应率的水平，即满足以下关系：

$$R(\mathrm{dot}) \leqslant (1 - \beta)\overline{R} \qquad (\beta > 0) \tag{4}$$

盲元从图像视觉角度看和周围相邻正常像元的差别比较明显，且盲元在局部窗口中比较集中，因此从整帧图像看表现为一些离散的亮暗点，所以用窗口响应率进行盲元检测，效果会比全窗口效果更好。

3 盲元检测步骤

为了获得最佳的盲元检测效果，使用标准黑体作为辐射源。热像仪采集高温辐射和低温辐射，采集完成后根据当前的红外成像光学系统等选择适当的分割窗口，从而消除光学系统不同区域输入能量不同导致的盲元误判问题。通过调整上限α和下限β的值，根据公式(3)、(4)确定的盲元判断准则来判断当前像元是否为盲元[4-6]，具体步骤如表1～3所示。

表1 黑体单点盲元标定方法

响应率$R(i,j)$的单个像元对应的输出	平均响应率对应的输出	上限α	下限β	盲元判断准则
V_{al}	AVG	Pos	Neg	$V_{al} >= (\mathrm{Pos}+1) \times \mathrm{AVG}$
				$V_{al} <= (1-\mathrm{Neg}) \times \mathrm{AVG}$

表2 黑体两点盲元标定方法

黑体高温点和低温点的单个像元输出差值	排除表1方法标出的盲元后的差值均值	上限α	下限β	盲元判断准则
V_{al_Diff}	AVG	Pos	Neg	$V_{al_Diff} >= (\mathrm{Pos}+1) \times \mathrm{AVG}$
				$V_{al_Diff} <= (1-\mathrm{Neg}) \times \mathrm{AVG}$

表3 基于图像的盲元标定方法

黑体高温点和低温点的单个像元输出差值	排除表1方法标出的盲元后的差值均值	上限α	下限β	盲元判断准则
V_{al}	AVG	Pos	Neg	$V_{al} >= (\mathrm{Pos}+1) \times \mathrm{AVG}$
				$V_{al} <= (1-\mathrm{Neg}) \times \mathrm{AVG}$

表1所示方法可以消除探测器大部分死元，这些像元呈现全黑或者全白的点，响应率极低。

表2所示方法可以消除探测器大部分异常元，这些像元有响应，但是和正常像元相比差异很大，响应率过高或者过低。

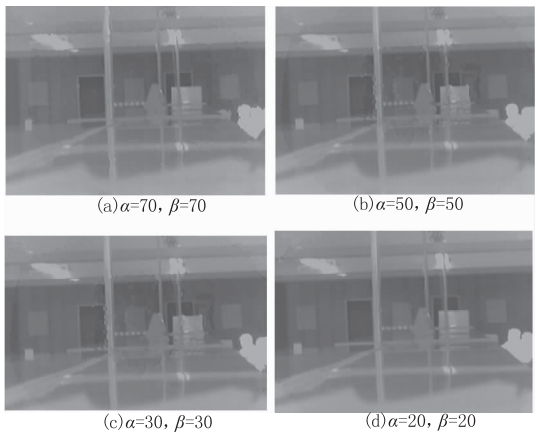
表3所示方法可以消除探测器大部分不稳定像元，这些像元在某些时候响应和正常像元类似，有时候又有差异。

三种方法在盲元检测过程中可选择性的使用，也可依次使用。同时开窗大小也可任意选择，但是考虑到算法的运算速度，推荐窗口大小选择为2的幂次，同时考虑到样本数选择不能太小，否则窗口内的平均值不足以抵消异常元的影响，造成图像有效信息被滤除，人为的引起图像质量下降，因此推荐选择如16、32、64等窗口大小。在盲元检测的过程中，

上限 α 和下限 β 值设置越小，则盲元检测越严格，盲元识别率越高，但是容易将响应率稍偏离平均响应率的像元当作盲元识别出来，从而造成误填。此时通过选择合适的窗口大小，则可减少误填的概率，窗口越小，则红外成像光学系统、探测器输出温漂等影响就越小，识别盲元的概率将大幅提升，但是容易引入噪声的影响，因此在实际的盲元检测过程中，选择多大的窗口、上限 α 和下限 β 的值与探测器本身的性能有很大的关系，不同的探测器有自身对应的一套设置参数，该套参数可存入 FLASH 中，掉电不会丢失。

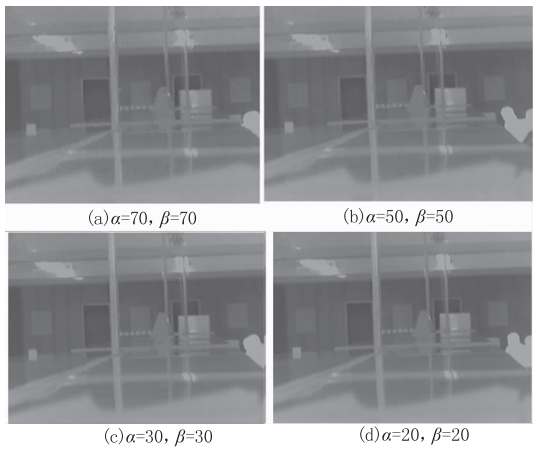
4　试验结果及分析

从标准黑体采集完高低温辐射后，使用三种方法结合不同的开窗大小，对探测器输出图像进行盲元检测，如图 3 ~6 所示。图 3 采用全帧模式检测盲元，图 4 采用 16 ×16 开窗模式检测盲元，图 5 采用 32 ×32 开窗模式检测盲元，图 6 采用 64 ×64 开窗模式检测盲元，各种模式下检测出的盲元数目如表 4 所示。



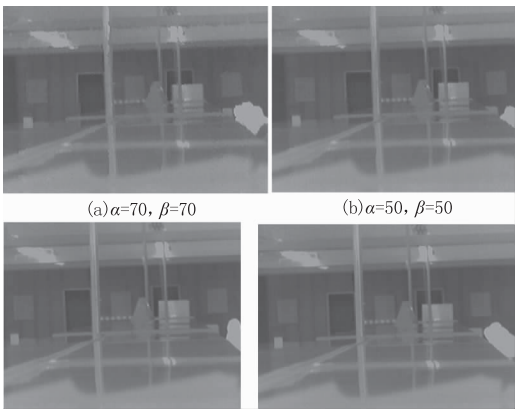
(a) α=70, β=70　(b) α=50, β=50　(c) α=30, β=30　(d) α=20, β=20

图 3　全帧模式下输出的红外图像



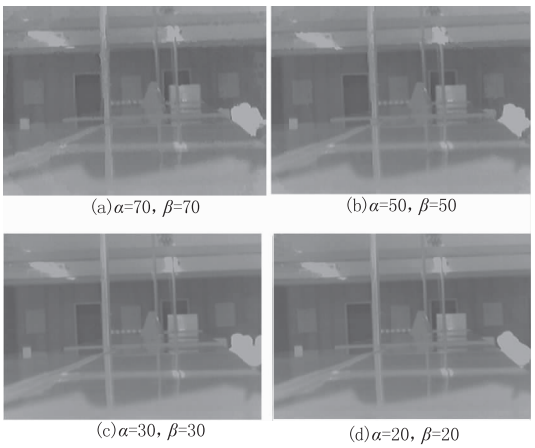
(a) α=70, β=70　(b) α=50, β=50　(c) α=30, β=30　(d) α=20, β=20

图 4　16 ×16 开窗模式下输出的红外图像



(a) α=70, β=70　(b) α=50, β=50　(c) α=30, β=30　(d) α=20, β=20

图 5　32 ×32 开窗模式下输出的红外图像



(a) α=70, β=70　(b) α=50, β=50　(c) α=30, β=30　(d) α=20, β=20

图 6　64 ×64 开窗模式下输出的红外图像

表 4　盲元检测效果列表

检测模式	上限 α	下限 β	盲元数量	图像质量
全帧模式	70	70	240	中
	50	50	380	差
	30	30	420	中
	20	20	450	差
16 ×16 开窗模式	70	70	544	中
	50	50	642	良
	30	30	765	优
	20	20	981	优
32 ×32 开窗模式	70	70	990	中
	50	50	1140	中
	30	30	1320	中
	20	20	1520	良
64 ×64 开窗模式	70	70	2100	差
	50	50	2403	差
	30	30	3100	中
	20	20	3540	中

图像质量的评判是根据人眼观察监视器上的红外图像舒适程度来决定的。盲元数目可由软件自动计算得出。根据以上试验结果,可知在采取 16×16 开窗模式及相应的上下限阈值可以将探测器输出图像上很多的离散盲元点彻底检测并解决掉,处理后的图像视觉质量得到大幅提升。试验结果说明本文提出的算法合理可行,对提升红外热像仪图像质量有极大的作用。

5 结 论

本文对影响制冷型红外热像仪图像质量的盲元进行了理论分析,并建立的数学模型,根据盲元模型提出了一种盲元检测算法。通过试验可以看出该算法对盲元检测效率高、检测效果好,可大幅提升红外热像仪的图像质量。

参考文献:

[1] CHEN Dachuan, LIU Chanlao, ZHEN Yangguang. Algorithm of blind pixels auto-searching and compensation for IRFPA[J]. Laser & Infrared, 2008, 38(12): 1215 – 1217. (in Chinese)
陈大川,刘缠牢,郑阳光. 红外焦平面阵列盲元检测及补偿算法[J]. 激光与红外, 2008, 38(12): 1215 – 1217.

[2] ZHANG Xining. Improved blind element inspection algorithm of infrared FPA array[J]. Laser & Infrared, 2010, 40(10): 1149 – 1153. (in Chinese)
张熙宁. 一种改进的红外焦平面阵列盲元检测算法[J]. 激光与红外, 2010, 40(10): 1149 – 1153.

[3] LI Yanjun, CUI Ruiqing, ZHAO Guifang, et al. A new method of bad pixel detection and compensation of IRFPA[J]. Laser & Infrared, 2007, 37(1): 51 – 52. (in Chinese)
李言俊,崔瑞青,赵桂芳,等. 一种新的红外焦平面阵列盲元检测方法[J]. 激光与红外, 2007, 37(1): 51 – 52.

[4] CHEN Baoguo, FAN Yangyu, WANG Wei. Research on relations among defective element criterions of IRFPA[J]. Laser & Infrared, 2013, 43(2): 186 – 189. (in Chinese)
陈宝国,樊养余,王巍. 红外焦平面阵列盲元判据的相关性研究[J]. 激光与红外, 2013, 43(2): 186 – 189.

[5] ZHOU Huixin, YIN Shimin, LIU Shangqiang, et al. Algorithm of blind pixels auto-searching and compensation for IRFPA[J]. Acta Photonica Sinica, 2004, 33(5): 598 – 600. (in Chinese)
周慧鑫,殷世民,刘上乾,等. 红外焦平面器件盲元检测及补偿算法[J]. 光子学报, 2004, 33(5): 598 – 600.

[6] LUO Maojie, ZHOU Jinmei, LIAO Sheng. Compositive blind-pixel detection and compensation algorithm[J]. Opto-Electionic Engineering, 2011, 38(12): 57 – 62. (in Chinese)
罗茂捷,周金梅,廖胜. 盲元综合检测和补偿算法[J]. 光电工程, 2011, 38(12): 57 – 62.