

红外焦平面阵列盲元检测及补偿算法

陈大川, 刘缠牢, 郑阳光

(西安工业大学光电工程学院, 陕西 西安 710032)

摘要:为了消除非制冷红外焦平面阵列图像盲元、改善成像质量,利用红外焦平面阵列盲元相应特性和相邻像元的相关性,提出了一种基于阈值+相邻像元检测及加窗中值补偿算法。结果表明,阈值+相邻元检测算法实现盲元误检率低、快速查找等优点;利用加窗中值的盲元补偿算法,可以使盲元图像得到明显改善,保持图像信息的完整性,同时,算法易于硬件实现。

关键词:红外焦平面阵列;盲元;盲元检测;盲元补偿

中图分类号:TN214 **文献标识码:**A

Algorithm of Blind Pixels Auto-searching and Compensation for IRFPA

CHEN Da-chuan, LIU Chan-lao, ZHEN Yang-guang

(School of Optoelectronic Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China)

Abstract: In order to eliminate blind pixel of the infrared focal plan arrays and improve the image quality, this paper put forward one category of arithmetic about the threshold value and the adjacent pixels detection and adding window median repair by using IRFPA's image data of two reference radiation source and the pertinence between the adjacent pixels. The result unfolds the excellences about the threshold value and the arithmetic of adjacent pixels detection, such as the lower misdiagnosis rate of blind pixel, the faster lookup etc. It can get obvious improve of the blind pixel picture and retain the image's information by using the arithmetic of adding window median repair, and, this arithmetic is prone to actualize on hardware.

Key words: infrared focal plan arrays; blind pixel; blind pixels auto-searching; blind pixels compensation

1 引言

非制冷红外焦平面阵列属于大面阵的探测器,由于制作器件的半导体材料的不一致性,掩膜误差、缺陷、工艺等原因,红外焦平面探测器存在不可避免的非均匀性、盲元、多通道 CCD 高速读出易受干扰等问题,如果对这些问题不经过处理,则成像图像信噪比很差。这些盲元点在图像中表现为其灰度值变化缓慢,不能正确地反映场景的变化^[1]。从目前文献来看,国外有关盲元的检测及补偿问题虽有报道,但对检测原理等都没有具体详细的论述,所报道的盲元补偿算法基本有线性插值法和中值滤波法等。国内虽已实现了红外焦平面阵列成像样机系统,但对盲元的检测与补偿问题也鲜有报道,都尚未很好地解决。

本文在分析盲元特性的基础上,利用数字图像

处理技术,提出了一种基于阈值+相邻像元检测和加窗中值补偿的算法,能有效地对盲元进行自动检测和校正。对红外焦平面阵列的图像盲元检测和补偿的研究,对改善成像质量及红外图像技术的发展都有重要的意义。

2 盲元定义^[2-3]

对于盲元的定义,主要是从器件对黑体辐射的响应程度作为量化指标的。先给出三个有关的红外焦平面参数定义。

2.1 像元响应率

假设探测器为 $M \times N$ 的红外焦平面阵列。像元响应率 $R(i, j)$ 为红外焦平面阵列在一定帧周期和

作者简介:陈大川(1978-),男,在读研究生,主要研究方向为红外图像处理。E-mail:cdcem@163.com

收稿日期:2008-07-13; **收稿日期:**2008-09-03

一定动态范围条件下,像元对每单位辐照功率产生的输出信号电压为:

$$R(i, j) = \frac{V_s(i, j)}{P}$$

式中, $i=1 \sim M, j=1 \sim N$; $V_s(i, j)$ 像元对应于辐照功率 P 的响应电压; P 为第 (i, j) 像元所接收的辐照功率。

2.2 平均响应率

红外焦平面阵列各有效像元响应率的平均值:

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

式中, M 和 N 分别是红外焦平面阵列像元的行数和列数; d 和 h 分别是死像元数和过热像元数。实际测量中, d 和 h 是经多次迭代计算得到。

2.3 盲元率

红外焦平面阵列的盲元数占总像元数的百分比,由下式表示:

$$N_b = \frac{d+h}{M \cdot N} \times 100\%$$

其中, d 和 h 分别是死像元和过热像元数。

3 盲元自动检测

根据红外图像发现,正常探测器像元与盲元在响应特性上有很大差异。正常探测器像元的温度响应特征曲线是在一定动态范围内呈线性的,一般情况是随着温度的升高其对应的特征值也随着升高。而盲元的动态范围远离正常的探测单元的动态范围,在特征曲线的表示为变化斜率偏高或者偏低。探测器响应特征曲线图如图1所示。

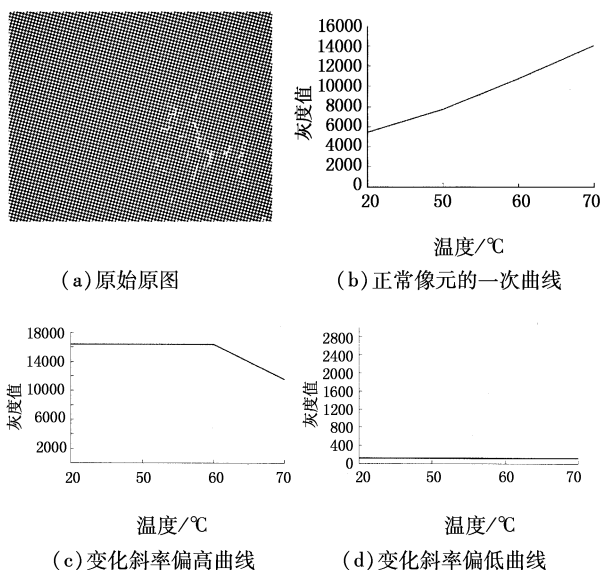


图1 探测器响应特征曲线图

3.1 阈值+相邻像元检测法原理

采用黑体参考源均匀照射红外探测器,得到一组响应数据,即实际上是探测单元成像灰度值。由

于盲元在图像中表现为过暗、过亮的点,那么它与周围像元响应率和平均响应率的偏差大于或者小于10%,根据相应数据可以判断红外探测器中的盲元位置。经过阈值检测以后,图像上还有一些离散的盲元点,这些点的灰度值在阈值范围之外,在屏幕上也表现为过亮、过暗点,对于图像处理是无法满足要求的,所以我们再用相邻元检测的方法,检测出这些点,对盲元补偿的效果将会更好。

3.2 算法的优点

采用阈值+相邻像元自动检测方法,原因有四点:

(1) 平均响应率 R 的定义是有效像元响应率的平均,在未知盲元的情况下,无法得出 R ;

(2) 盲元从视觉角度上看,其与相邻单元像的差别是明显的,在有景物的整个图像中,其灰度并非唯一,同时也并非处在极端灰度级;

(3) 盲元在局部窗口中表现突出;

(4) 在阈值补偿结束以后,某些像元的响应率在偏差值之上,在图像上表现一些离散的亮点或者暗点,所以,在阈值补偿结束以后,再用窗口响应率检测法进行一次补偿,效果会很好。

3.3 具体算法

(1) 用黑体照射红外探测器,记录每一个探测器的对应的灰度值,并且将他们存储到一个一维数组中;

(2) 计算图像中所有像元灰度值的平均响应率 R ,将计算结果保存起来;

(3) 将像元的平均响应率 R ,分别除以10%或乘以10%,得到盲元检测的临界阈值,将低于 $R \times 10\%$ 像元的灰度值和高于 $R/10\%$ 的灰度值的像元记录为盲元;

(4) 将黑体辐射区域分成上下两个部分,预设一个比较门限值 δ ,然后遍历上半区域的像元,每个像元对应的灰度值与它后面5个像元和下面5个像元的灰度值做差,如果发现其差值大于门限值 δ ,则判断该像元为盲元,同理,下半区域的像元的类似于上半区域;

(5) 置一个数组,将盲元结果储存到数组中。数组中,0表示对应像元是盲元,1则表示不是盲元。

3.4 仿真结果分析

采用不同方法进行盲元检测效果图如图2所示,所得统计数据如表1所示。从检测结果与原始图像的对照以及统计数据可以看到,阈值方法和相邻像元检测明显存在严重误判现象,采用阈值+相邻像元法进行检测时却可以精确地检测出盲元的数量和准确地定位出盲元的位置。

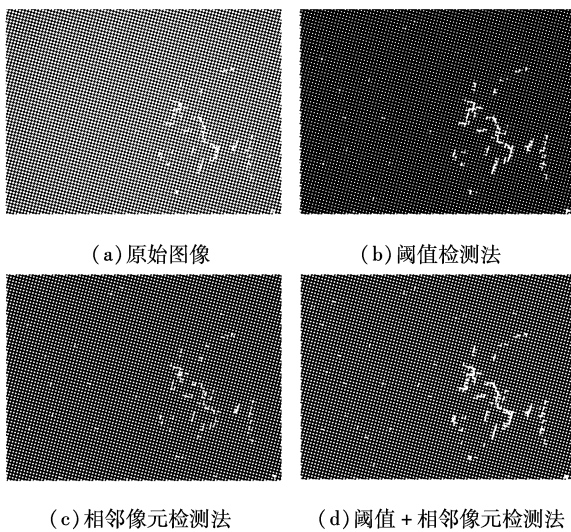


图2 盲元检测结果图

表1 盲元检测结果统计

	阈值检测法	相邻像元检测法	阈值 + 相邻像元检测法
盲元数	284	161	335
盲元率/%	0.3697	0.2096	0.4362

4 盲元补偿

盲元在图像上表现是一些离散和连成片斑点,如果对其进行补偿可采用盲元周围的有效图像信息或前后帧的图像信息对盲元位置的信息进行预测和替代的过程。由数字图像处理理论可知,其相邻两点或两帧之间的图像数据具有极高的相关性。由此本文提出加窗中值补偿算法。

4.1 加窗中值盲元补偿算法原理

我们的目标很明确,只对存在盲元位置的像元进行补偿,这样对于图像中其他正常的区域不造成退化。加窗中值补偿算法是利用同场相邻行列的相关性,采用 $(2n+1) \times (2n+1)$ 窗口内像元数据进行补偿,本算法根据实际测量和试验结果,采用 5×5 窗口盲元补偿算法。

4.2 算法优点

目前对盲元补偿的算法有线性插值法和中值滤波法。线性插值算法的原理是用相邻的四个像元进行平均替代中心的盲元。该算法采用盲元某个特定邻域中正常的像素灰度的平均值来代替盲元像素的灰度值。该算法在盲元数量较多并较为集中的情况下会造成图像的模糊。采用中值滤波的方法理论前提是认为盲元在图像中的表现与图像散粒噪声(又称为椒盐噪声)相同,但是对于成像面积较小的目标,类似孤立的噪声点,若采用纯中值滤波技术,则可能将其误剔除,采用相邻元及图像灰度预测,即Kernel非线性滤波,可以避免误剔除。但经观察发现,随着红外探测器面阵数以指数的方式飞快增长,探测器上的盲元数量也随之增加,并且其分布并不是完全孤立的,有时表现为一小簇,一整行或一整

列,如果单纯使用上述方法就不能得到很好的补偿效果,尤其是在图像细节较多的情况下。

4.3 具体算法

- (1)对原始图像进行扩展;
- (2)根据盲元检测算法找到的图像中盲元的位置;
- (3)以补偿像元 (i, j) 为中心进行加窗扩展,将 5×5 里面25个元素的值输入到一个宽度为25的一维数组中;
- (4)对该一维数组进行排序,找到其中值;
- (5)将中值赋给要补偿的盲元的像素点;
- (6)将窗口的中心移动到下一个盲元,返回第(2)步,直到扫描完所有像元。

5 实验结果

从黑体状态下,采集到一幅带有盲元的图像,经过加窗中值补偿算法补偿以后,屏幕上的离散和连成片的盲元已经很好的补偿,补偿后图像没有出现模糊的效果,说明此算法符合要求,算法合理。

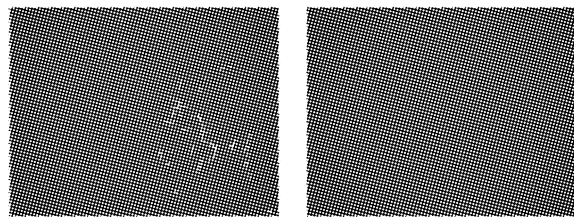


图3 盲元检测结果

6 结论

本文对影响非制冷焦平面阵列成像系统中盲元处理做了深入研究,重点讨论了盲元检测和盲元补偿的算法。通过仿真试验可以看出该算法对盲元查找快、检测效率高及补偿效果好等特点。为非制冷焦平面阵列成像系统的设计从实验到产品开发奠定了理论基础。

参考文献:

- [1] GB/T 17444-1998. 红外焦平面阵列特性参数测试技术规范[S].
- [2] 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.
- [3] 赖睿,刘上乾,周慧鑫,等. 红外焦平面阵列盲元检测技术研究[J]. 半导体光电,2005,26(3):199-201.65.
- [4] 阮秋琪. 数字图像处理[M]. 北京:电子工业出版社,2001.
- [5] 范心田. 非制冷红外焦平面成像系统畸变校正及盲元补偿[D]. 长春:中科院长春光机所,2005.
- [6] Shotaro Fujino, Tetsuo Miyoshi, Masataka Yokoh, et al. Mitsubishi thermal imager using the 512×512 pts focal plane arrays[J]. SPIE, 1990, 1175:141.
- [7] Anthony A Tanbakuchi, Arjen van der Sijde, Bart Dillen. Adaptive Pixel Defect Correction [J]. SPIE, 5017:360-370.