

红外焦平面阵列坏元检测算法

李炎冰¹, 梁少峰², 陈洪亮¹, 雷波¹

(1. 中国航空工业集团公司洛阳电光设备研究所, 河南 洛阳 471000; 2. 空装重点型号部, 北京 100843)

摘要: 红外焦平面阵列器件因为制造材料、工艺的影响, 难免存在坏元问题, 降低了红外图像的质量, 影响检测系统的检测概率和虚警率。描述了坏元的特性, 分析了其产生机理, 利用其特点给出了多帧分析检测坏元的算法。仿真结果表明, 该方法简洁可靠, 易于实现。最后利用中值滤波法将检测到的坏元进行了补偿。

关键词: 红外焦平面阵列; 坏元检测; 坏元补偿

中图分类号: TP317.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2015)03-0069-03

A Bad-Pixel Detection Algorithm for Infrared Focal Plane Array

LI Yan-bing¹, LIANG Shao-feng², CHEN Hong-liang¹, LEI Bo¹

(1. Luoyang Institute of Electro-Optical Equipment, AVIC, Luoyang 471000, China;

2. Air Force Armament Department, Beijing 100843, China)

Abstract: Infrared focal plane array device inevitably exists bad pixels due to the impact of manufacturing materials, technology and other factors, which may reduce the image quality and affect the detection probability and false alarm rate of the system. In this article, analysis is made to the characteristics of the bad pixels and their generating mechanism. An algorithm for detecting bad pixels by analyzing multiple frames of the image is presented. The simulation results show that this method is simple, reliable, and easy for implementation. Finally, median filter is used to compensate the bad pixels detected.

Key words: infrared focal plane array; bad pixel detection; bad pixel compensation

0 引言

红外焦平面阵列成像系统以其结构简单、探测能力强、稳定性好、功耗低等优点广泛应用于军事领域, 拥有巨大的市场潜力和应用前景, 然而红外焦平面器件受材料、工艺的影响, 难免存在坏元。坏元是指响应过高或过低的探测单元, 在图像中表现为过亮点或过暗点^[1], 直接影响探测器的成像质量, 从而影响与图像处理相关的目标检测、目标识别等处理结果, 而从工艺上改善红外焦平面阵列的硬件性能相当困难^[2], 因此从软件算法角度检测坏元, 消除坏元对其后续处理的影响具有实际意义和价值。

目前, 国内外已经提出了很多坏元检测补偿方法。第一类为时间检测补偿法, 它利用图像的帧间相关性进行检测与补偿; 第二类为空间检测补偿法, 主要包括

定义鉴别法、双参考源的响应差值法、预设门限法、三西格玛法等。国内方面, 昆明物理研究所采用替代算法与线性插值算法实现了 288×4 线阵焦平面热成像系统的坏元剔除。国外起步较早, 在此技术方面较国内成熟。俄罗斯国家科学中心“RD & P Center ORION”实验室针对 128×128 HgCdTe 凝视焦平面阵列的红外热成像系统采用 Replacement 方法进行坏元补偿; 达尔格的海军外部战争中心使用最临近算法对红外凝视焦平面阵列传感器中的大量死像元或不正常像元进行代替; 比利时 IMEC 实验室利用坏元邻域像素灰度值预测坏元灰度的方法, 实现了对坏元的修正。

本文在分析大量图像的基础上, 提出了一种利用多帧比较和设置像素尺寸阈值相结合的方法检测坏元。实验结果表明, 该方法简单可靠、实时性好, 易于硬件实现。

1 坏元产生机理及定义

1.1 坏元产生机理

坏元产生的机理有:

1) 红外焦平面阵列中某些敏感元因物理损坏构成坏元^[3];

2) 在红外焦平面的加工过程中,有效光敏面的不同以及半导体材料掺杂不均匀,使得各探测单元光电转换特性曲线不一致和暗电流不均匀,当大于给定阈值时,就形成坏元^[4];

3) 1/f 噪声(一般认为由半导体的表面电流引起)也会使探测单元性能恶化,形成坏元^[4];

4) 探测器所处环境的温度变化,由于变化是随机的,在温度过高或过低时,部分像元性能将发生劣变,形成坏元。

1.2 坏元的定义

本文中以器件本身对黑体辐射的响应程度作为标准来定义坏元,下面先介绍两个红外焦平面的参数定义。

1) 像元响应率。

像元响应率 $R(i,j)$ 定义为红外焦平面阵列在一定动态范围和一定帧周期下,像元对每单位辐照功率产生的输出信号电压(单位为 V/W),表示为

$$R(i,j) = V_s(i,j)/P \quad (1)$$

式中: $V_s(i,j)$ 为第 (i,j) 个像元对应于辐射功率 P 的响应电压; P 为第 (i,j) 个像元所接收的辐射功率。

2) 平均响应率。

平均响应率 \bar{R} 定义为红外焦平面阵列各个有效像元响应率 $R(i,j)$ 的平均值(单位为 V/W)。表示为

$$\bar{R} = \sum \sum R(i,j) / (M \cdot N - (d + h)) \quad (2)$$

式中: M 为红外焦平面像元的总行数; N 为总列数; d 为死像元数; h 为过热像元数。

把像元响应率与平均响应率相差较大的像元定义为坏元,包括不产生响应的死像元、响应偏小的过冷像元、响应偏大的过热像元以及噪声过大的像元^[5]。

2 坏元检测算法

由于坏元的大小和位置在每帧图像中始终不变,利用这个特点,首先将输入的每帧图像数据按照一定的阈值进行分割,记录分割得到的点,与坏元列表比较方位、俯仰偏差是否相同;若相同,则认为是坏元;若不同,再与前一帧图像的检出记录比较方位、俯仰偏差是否相同,若相同,则认为是坏元,同时坏元列表记录个数加1;若不同,再根据像素尺寸大小进行判定。本文认为两个及两个以上像素的是目标,两个像素以下的是坏元,为了得到可靠的坏元,实际中可选10帧或20帧图像作为输入,按照以上步骤进行迭代,获取稳定坏元的位置,经过上述判定,可分辨出目标与坏元。算法流程如图1所示。

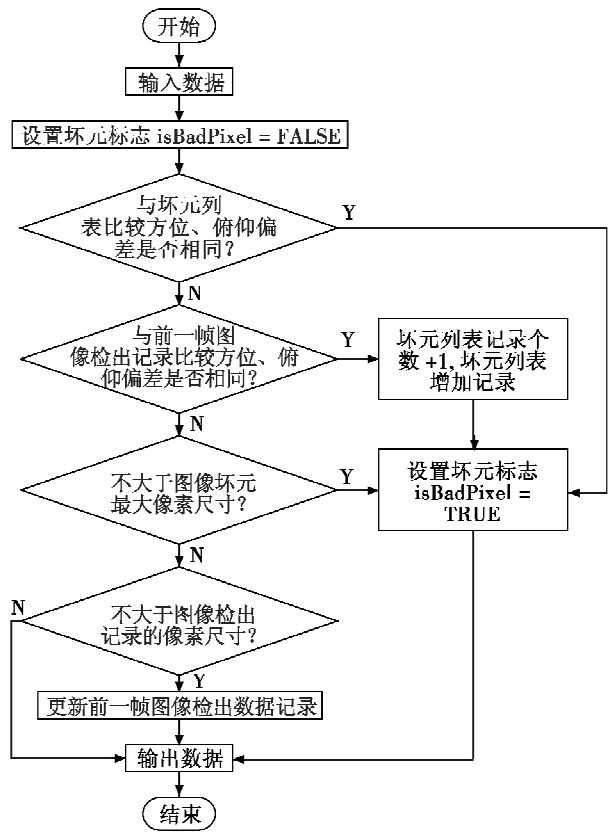


图1 算法流程图

Fig.1 Flow chart of the algorithm

图2、图3是基于上述算法的一幅图像处理前和处理后的结果。仿真结果表明,加载算法后,图3中的坏元被系统识别,没有被检出,效果比较理想,满足了后续图像处理的需要。

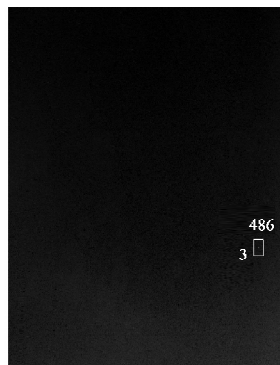


图2 坏元检出结果

Fig.2 The result of bad pixel detection

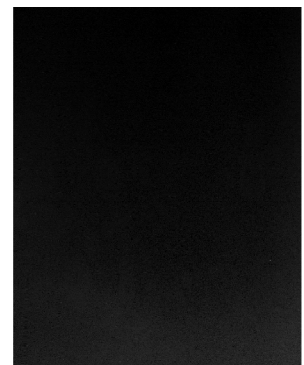


图3 加载坏元剔除算法检出结果

Fig.3 The result after loading bad pixel eliminating algorithm

本文以 640×512 红外焦平面阵列式探测器采集到的图像进行仿真,其结果如图4、图5所示。图4为从采集到的红外图像截取到的部分图像,从图中可以看到,中部偏上的真实目标被检出,与此同时,左下方

和右下方各有一个坏元被检出,产生了虚警;图5为在与图4相同条件下,对系统加载本文算法的检出结果,可以看到,图中的真实目标仍然被检出,但左下方和右下方的坏元没有被检出,达到了预计效果。

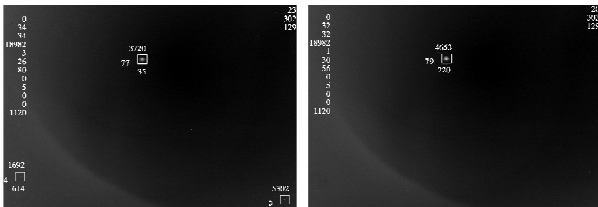


图4 系统未加载算法的检出结果

图5 系统加载算法的检出结果

Fig. 4 The result of detection before loading the algorithm Fig. 5 The result of detection after loading the algorithm

3 坏元补偿算法

坏元补偿是用坏元某一邻域内的有效图像信息或者前后帧的图像信息对坏元位置的信息进行预测和替代的过程。目前常用的方法有相邻像元替代法、中值滤波法、邻域平均法等。

中值滤波是一种非常有效的消除点噪声的方法,它可以在不减小图像对比度的前提下剔除图像中的异常值。本文将中值滤波法与邻域平均法进行对比,仿真过程中,由于原图像坏元较少,给图像添加一定密度的椒盐噪声来模拟坏元,然后分别用中值滤波法和邻域平均法对坏元进行补偿,补偿算法处理后的效果如图6~图8所示。

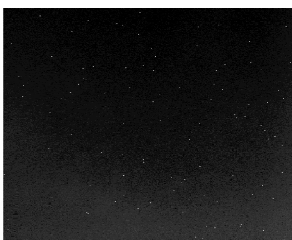


图6 添加椒盐噪声

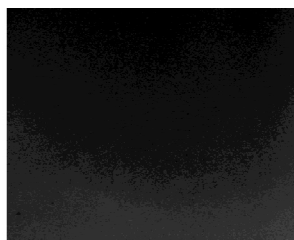


图7 中值滤波法处理后

Fig. 6 The image with added salt and pepper noise

Fig. 7 The image of median filtering

比较图7与图8可以看出,中值滤波法完美地将图像中的坏元补偿掉,而邻域平均法并没有将坏元完全补偿掉,而是留下了痕迹,因此本文采用中值滤波法作为补偿算法。



图8 邻域平均法处理后

Fig. 8 The image of neighborhood average method

4 结束语

本文首先分析了红外焦平面坏元产生的机理,利用坏元位置不动这一特点提出了一种便于在工程应用中实现的坏元检测算法,并给出了仿真结果,然后利用中值滤波法对坏元进行了补偿,该方法已在实际中应用,具有简单可靠的特点。

参考文献

- [1] 白俊奇,蒋怡亮,赵春光,等. 红外焦平面阵列探测器坏元检测算法研究[J]. 红外技术,2011,33(4):233-270. (BAI J Q, JIANG Y L, ZHAO C G, et al. Blind-pixel detection algorithm for infrared focal plane array detector [J]. Infrared Technology, 2011, 33(4):233-270.)
- [2] 代少升,张天骐. 一种新的红外焦平面阵列坏元处理算法[J]. 压电与声光,2008,30(3):376-378. (DAI S S, ZHANG T Q. A new algorithm of blind pixels processing for IRFPA [J]. Piezoelectrics & Acousto-optics, 2008, 30(3):376-378.)
- [3] 张熙宁. 一种改进的红外焦平面阵列坏元检测算法[J]. 激光与红外,2010,40(10):1149-1153. (ZHANG X N. Improved blind element inspection algorithm of infrared FPA array[J]. Laser & Infrared, 2010, 40(10):1149-1153.)
- [4] 郭继昌,陈敏俊,李镛,等. 红外焦平面失效元处理方法及软硬件实现[J]. 光电工程,2006,33(6):57-60. (GUO J C, CHEN M J, LI Q, et al. Hardware and software design for invalid pixels processing of infrared focal plane array detectors [J]. Opto-Electronic Engineering, 2006, 33(6):57-60.)
- [5] 王术军. 红外焦平面阵列特性参数定义和测试方法的讨论[J]. 红外技术,2007,29(4):211-214. (WANG S J. The study of the definition and measurement methods of characteristic parameters of IRFPA [J]. Infrared Technology, 2007, 29(4):211-214.)

欢迎投稿 网址: <http://www.dgykz.com>