

基于积分时间的国产红外探测器非均匀性校正算法

粟宇路, 苏 兰, 苏俊波, 胡志斌, 刘传明, 杨智雄, 向麟槐
(昆明物理研究所, 云南 昆明 650223)

摘要: 由于受制造探测器的半导体质量和工艺过程等因素的影响, 红外探测器存在积分时间响应不均匀性。为了提高红外探测器的成像质量, 有必要对其存在的非均匀性进行校正。分析了积分时间对探测器单元响应输出的影响, 详细阐述了基于积分时间的非均匀性校正算法的原理, 并提出了一种盲元补偿方法。将该算法用于国产 640×512 制冷型探测器的非均匀性校正实验, 结果表明该算法对探测器的非均匀性校正具有明显的效果。

关键词: 红外探测器; 非均匀校正; 积分时间; 盲元补偿

中图分类号: TN215 文献标识码: A 文章编号: 1001-8891(2014)09-0710-04

NUC Algorithms for Domestic-made IR Detector Based on Integration Time

SU Yu-lu, SU Lan, SU Jun-bo, HU Zhi-bin, LIU Chuan-ming, YANG Zhi-xiong, XIANG Lin-huai
(Kunming Institute of Physics, Kunming 650223, China)

Abstract: Due to the impacts of the quality of semiconductors and the processing to manufacture detectors, there is response nonuniformity in IR detectors with the variation of integration time. In order to improve the imaging quality of IR detectors, it's necessary to correct the nonuniformity. This paper analyzes the influence integration time has to the response outputs of IR detectors, as well explains the algorithm of nonuniformity correction based on integration time. Besides, this paper also puts forward a method of blind pixels compensation. The result of experiment that applies the algorithm to the nonuniformity correction of domestic-made 640×512 cooled IR detector indicates that such algorithm is effective.

Key words: IR detectors, NUC, integration time, blind pixels compensation

0 引言

随着红外成像技术的快速发展, 红外成像技术已经被越来越多地应用到交通、医疗、农业、安防、军事等领域, 而各领域的需求都会对红外成像技术提出新的性能要求^[1]。红外探测器是红外成像系统的核心部件, 其性能的好坏直接影响到红外成像系统的成像质量。目前, 红外探测器逐渐向大面阵的凝视型焦平面技术方向发展。由于受到制造探测器的半导体质量和加工工艺过程等因素^[2-4]的影响, 探测器各探测器单元不可避免地存在响应非均匀性, 特别对于国产焦平面探测器更是如此。因此, 探索红外焦平面探测器的非均匀性校正技术成为人们的研究热点。经过多年的研究发展, 基于辐射定标的非均匀性校正技术已经发展成熟并广泛应用于红外成像系统的使用当中。基于

场景的非均匀性校正算法公开报道了不少, 但由于存在算法复杂、硬件技术瓶颈等因素的制约, 实际投入工程应用的不多。此外, 国内外某些学者^[5-6]从积分时间方面考虑校正焦平面阵列存在的响应非均匀性, 也为非均匀性校正技术的发展提供了一种思路。

针对国产 640×512 中波制冷型红外焦平面探测器存在的非均匀性, 通过研究探测器积分时间的改变对探测器各探测单元响应的影响, 获得探测器非均匀性校正补偿系数, 从而实现探测器的非均匀性校正。

1 原理与方法

1.1 算法原理

探测器各探测单元信号输出的大小除了跟场景点的温度有关外, 跟探测器的积分时间也有关。当场景保持不变时, 积分时间越长, 探测器输出信号越强。

收稿日期: 2014-04-23; 修订日期: 2014-06-15。

作者简介: 粟宇路 (1987-), 男, 湖南怀化人, 硕士, 主要从事红外图像处理方面的研究工作。E-mail: suyulu02@126.com。

由于探测器存在积分时间响应的非均匀性, 当积分时间发生改变时, 探测器各探测单元的输出信号变化并不一致, 因此需要校正探测器存在的这种非均匀性。

实验将国产 640×512 探测器正对一恒温不变的黑体, 通过改变积分时间, 获得积分时间长、短两种情况的响应, 从而计算出探测器各单元响应的变化和探测器平均响应的变化, 进而计算出探测器各探测单元的增益和偏移补偿系数, 原理如图 1 所示。

实验采用多帧图像求平均的方法以消除随机噪声对探测器各探测单元输出响应的影响。由于国产 640×512 中波制冷型探测器存在的盲元较多, 对探测器平均响应的计算影响较大, 因此需要剔除盲元再计算探测器平均响应。探测器平均响应计算原理如图 2 所示。

通过实验研究设置合理的增益比率上限和增益比率下限, 计算探测器各探测单元响应增量与平均响应增量的比值, 得到各单元的增益比率, 当某单元的增益比率大于设置的增益比率上限或者是小于增益比率下限时, 则认为该单元为盲元。将统计出的盲元剔除, 用剩余非盲元响应重新计算探测器的平均响应值。

1.2 参数计算

探测器平均响应值计算公式如式(1)所示:

$$\bar{G} = \frac{\left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N G(i, j) - \sum_{h=1}^L G(h) \right)}{M \cdot N - L} \quad (1)$$

式中: M 、 N 代表探测器总的行、列数; L 代表盲元数。

假设在给定的积分时间范围内, 探测器的响应为线性响应, 则需要计算各探测单元响应的增益和偏移补偿系数, 各探测器单元的增益与补偿系数计算公式分别如式(2)和式(3)所示:

增益补偿系数:

$$\alpha(i, j) = \frac{\bar{G}_l - \bar{G}_s}{\bar{G}_l(i, j) - \bar{G}_s(i, j)} \quad (2)$$

式中: \bar{G}_l 表示积分时间较长时探测器的平均响应; \bar{G}_s 表示积分时间较短时探测器的平均响应。

偏移补偿系数:

$$\beta(i, j) = \frac{\bar{G}_s \cdot \bar{G}_l(i, j) - \bar{G}_l \cdot \bar{G}_s(i, j)}{\bar{G}_l(i, j) - \bar{G}_s(i, j)} \quad (3)$$

1.3 盲元补偿

盲元补偿采用以该盲元为中心周围 5×5 邻域内非盲元探测单元响应加权平均值作为该盲元响应值。盲元邻域内各探测单元响应参与盲元补偿的权值选取如图 3 所示。

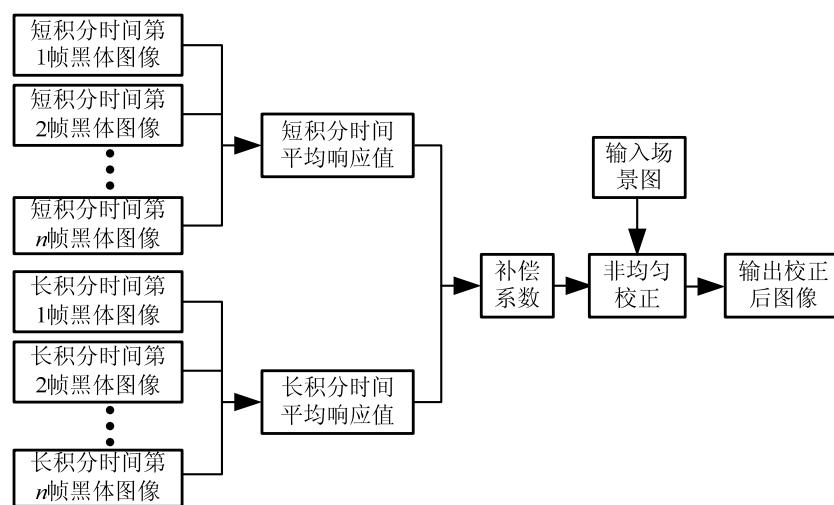


图 1 积分时间校正原理图

Fig.1 The schematic diagram of NUC algorithms with integration time

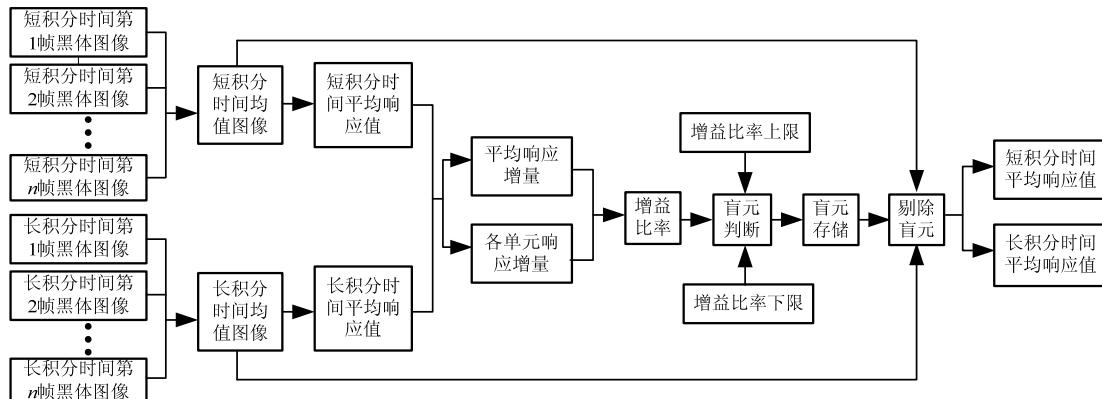


图 2 探测器平均响应计算原理图

Fig.2 The calculation diagram of the average detector response

0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
0.5	1	1	1	0.5
0.5	1		1	0.5
0.5	1	1	1	0.5
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

图 3 盲元补偿权值选取图

Fig.3 The weight diagram of the blind pixels compensation

盲元补偿值计算如下：

$$G_{\text{blind}}(i, j) = \frac{\sum_{\substack{h=i-2, k=j-2, \\ h \neq i \\ k \neq j}}^{i+2} \sum_{k=j}^{j+2} G(h, k) \cdot \mu(h, k)}{\sum_{\substack{h=i-2, k=j-2, \\ h \neq i \\ k \neq j}}^{i+2} \sum_{k=j}^{j+2} \mu(h, k)} \quad (4)$$

式中: $\mu(h, k)$ 表示权值。

2 实验结果与分析

实验环境温度为 22°C ，校正用黑体温度设置为 25°C ，设置探测器的积分时间，采集 2 幅未校正的场景图像，如图 4 所示，通过计算出的增益和偏移补偿

系数对场景图像进行校正，校正后的效果如图 5 所示。

对比校正前后场景图，可以看出实验所采用的基于积分时间的校正算法对于国产 640×512 的中波制冷型探测器存在的非均匀性进行校正，具有明显的效果。

3 总结与展望

围绕红外探测器存在积分时间响应不均匀性进行了分析，探索了计算非均匀性校正补偿系数的方法，并应用于国产 640×512 探测器进行了实验验证，实验结果表明该算法可以有效地对红外探测器存在的非均匀性进行校正。

目前，围绕红外探测器存在的非均匀性，国内外许多学者已经从基于黑体定标、基于场景等多方面研究了相关非均匀性校正的算法。基于探测器积分时间的非均匀性校正方法类似于基于黑体定标的非均匀性校正方法，二者都需要中断热像仪的正常工作，无法做到实时校正，而探索将基于积分时间的校正算法和基于黑体定标、基于场景的校正算法相结合的方式对红外探测器进行非均匀性校正，将是红外探测器非均匀校正技术的发展趋势之一。



(a) 场景 1



(b) 场景 2

图 4 原始场景图

Fig.4 Images without correction



(a) 场景 1

图 5 校正后的场景图



(b) 场景 2

Fig.5 Images with correction

参考文献:

- [1] 侯洁, 辛云宏. 基于高通滤波和图像增强的红外小目标检测方法[J]. 红外技术, 2013, **35**(5): 279-284.
- [2] 王跃明, 陈建新, 刘银年, 等. 红外焦平面器件二点多段非均匀性校正算法研究[J]. 红外与毫米波学报, 2003, **22**(6): 415-418.
- [3] 周慧鑫, 李庆, 刘上乾, 等. 红外焦平面阵列非均匀性及校正分析[J]. 激光与红外, 2003, **33**(6): 446-447.
- [4] 杨正兴, 谈新权, 尚小冬. 红外焦平面非均匀性校正算法研究与实现[J]. 红外技术, 2004, **26**(3): 11-14.
- [5] 崔洪州, 胡劲忠. 提高红外图像均匀性的两极校正技术研究[J]. 激光与光电子学进展, 2005, **42**(9): 32-34.
- [6] Ajay Kumar, S Sarkar, R P Agarwal. A novel algorithm and hardware implementation for correcting sensor non-uniformities in infrared focal plane array based staring system[J]. *Infrared Physics & Technology*, 2006, **50**: 9-13.