

文章编号: 1001-5078 (2006) 08-0668-02

两点法与统计法用于 IRFPA 非均匀性校正的效果评价

董 怡^{1,2}, 金伟其¹, 张 淼³

(1. 北京理工大学信息技术学院, 北京 100081; 2. 中国人民解放军驻十一所军代室, 北京 100015;

3. 北京军事代表局, 北京 100042)

摘 要: 文章对红外焦平面非均匀性校正的两点法和统计法进行了讨论, 对校正的计算过程进行了详细阐述, 并对两者的校正效果进行了比较和评价。

关键词: 红外焦平面阵列; 非均匀性校正; 两点校正法; 统计校正法; 评价

中图分类号: TN362

文献标识码: A

Results Evaluation of Two-point NUC and Scene-based NUC for IRFPA

DONG Yi^{1,2}, JN Wei-qi¹, ZHANG Miao³

(1. School of Information Science and Technology of Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 2. Martial Delegate Office in North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China; 3. Beijing Martial Delegate Agency, Beijing 100042, China)

Abstract: Two-point compensation technique (TPNUC) and scene-based nonuniformity technique (SBNUC) are discussed and empirical formulas are provided in the article. According to the results of experiments, the two techniques are compared. The advantages and disadvantages are evaluated.

Key words: IRFPA; NUC; TPNUC; SBNUC; evaluation

1 引 言

红外焦平面阵列 (IRFPA) 的出现, 使热成像系统真正实现了凝视工作, 既简化了系统光学、机械设计, 又有效提高了系统分辨力水平。由于 IRFPA 的各探测单元的响应率的差异以及本身固有的暗电流, 不进行校正会使得输出图像产生灵敏度降低、灰度畸变等问题。通常将 IRFPA 的非均匀性归结为各探测单元响应率 (增益) 和暗电流 (偏置) 的差异, 非均匀性校正 (NUC) 的实质就是对增益和偏置进行修正, 使 IRFPA 上各探测单元的响应输出基本一致。

本文对 IRFPA 非均匀性校正方法中的两点法和统计法进行了介绍, 并通过实验室仿真证明: 两点法具有简单, 易达到实时效果诸优点; 统计法不需参考源可进行非均匀性校正, 效果理想, 尤其适用于远距离观察时校正, 但计算量大。

2 基于参考源的两点校正法

如果各光敏元的响应特性在所感兴趣的温度范围内为线性, 在时间上稳定, 且 $1/f$ 噪声影响较小, 则非均匀性引入固定模式的乘性和加性噪声, 在此条件下对光敏元的非均匀性校正表示为:

$$y_{ij}(\phi) = G_{ij}x_{ij}(\phi) + O_{ij} \quad (1)$$

式中, y_{ij} 为校正后输出; G_{ij}, O_{ij} 为校正增益和校正偏移; ϕ 为对应温度 T 的辐射通量; $x_{ij}(\phi)$ 为坐标为 (i, j) 光敏元输出。

两点校正法在光路中插入一均匀辐射黑体, 通过高温 T_H 和低温 T_L 下光敏元对黑体辐射的响应, 从而计算出各响应单元的 G_{ij}, O_{ij} , 完成 IRFPA 的非均匀性校正。

假设 IRFPA 输出信号呈线性关系, 最简单的方法就是在 T_H 和 T_L 两个定标点处, 取 M 幅图像, 取平均得:

$$\bar{y}_{ij}(\phi_L) = y_{ij}(\phi_L) / M \quad (2)$$

$$\bar{y}_{ij}(\phi_H) = y_{ij}(\phi_H) / M \quad (3)$$

对焦平面所有光敏元在 T_H 和 T_L 两个定标点处输出求平均:

$$\bar{y}(\phi_L) = \bar{y}_{ij}(\phi_L) / N \quad (4)$$

$$\bar{y}(\phi_H) = \bar{y}_{ij}(\phi_H) / N \quad (5)$$

式中, N 为面阵中光敏元的总数。校正增益和校正偏移分别为:

作者简介: 董 怡 (1977 -), 女, 北京理工大学博士研究生, 研究方向为夜视与红外技术。E-mail: dongy@mail@ sina.com

收稿日期: 2006-03-22; 修订日期: 2006-04-27

$$G_{ij} = \frac{\bar{y}(\phi_L) - \bar{y}(\phi_H)}{\bar{y}_{ij}(\phi_L) - \bar{y}_{ij}(\phi_H)} \quad (6)$$

$$O_{ij} = \frac{\bar{y}(\phi_H)\bar{y}_{ij}(\phi_L) - \bar{y}(\phi_L)\bar{y}_{ij}(\phi_H)}{\bar{y}_{ij}(\phi_L) - \bar{y}_{ij}(\phi_H)} \quad (7)$$

对各光敏元的校正增益和校正偏移预先计算并存储起来,按照(1)式不断进行修正。若系统工作温度范围较大,基于线性假设的两点法会产生不足,可进一步选择多个温度点进行校正,该方法称为多点校正法。多点校正较两点法校正效果更为理想,但计算量大,在此不再累述。

3 基于场景的统计校正法

基于场景的统计校正法,对(1)式取期望值,则:

$$E[y_{ij}(\phi)] = G_{ij}E[x_{ij}(\phi)] + O_{ij} \quad (8)$$

(1)式平方求期望,再减去(8)式的平方,结果为:

$$E[y_{ij}^2(\phi)] - \{E[y_{ij}(\phi)]\}^2 = G_{ij}^2 \{E[x_{ij}^2(\phi)] - E^2[x_{ij}(\phi)]\} \quad (9)$$

将(9)式记作:

$${}_{ij}^2 = G_{ij}^2 \{E[x_{ij}^2(\phi)] - E^2[x_{ij}(\phi)]\} \quad (10)$$

其中,\${}_{ij}^2\$是单个光敏面累计一段时间后输出值的方差。因此得到:

$$G_{ij}^2 = \frac{{}_{ij}^2}{E[x_{ij}^2(\phi)] - E^2[x_{ij}(\phi)]} \quad (11)$$

分母 \$E[x_{ij}^2(\phi)] - E^2[x_{ij}(\phi)]\$ 是常数,记作 \$1/C_A^2\$。由于所有光敏元入射辐射通量统计值相同,因此:

$$G_{ij} = C_A \quad (12)$$

由(8)式、(12)式得:

$$O_{ij} = \mu_{ij} - C_A C_B \quad (13)$$

其中, \$\mu_{ij}\$ 是光敏元累计一段时间后的输出响应的均值, \$C_B = E[x_{ij}(\phi)]\$。求出每个光敏元的校正增益和校正偏移后,预存到存储器,处理图像时调用即完成焦平面的非均匀性校正。

4 试验效果及评价

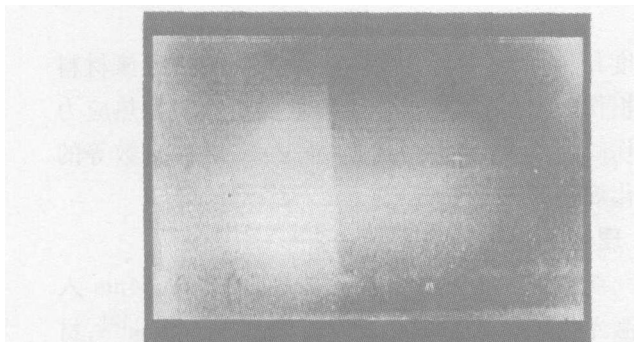


图1 未校正的原始图像

使工作波段为 \$8 \sim 12\mu\text{m}\$ 的红外传感器接收来自两个温度的标定黑体的辐射,所成图像被保存起来。利用存储的图像,按照(6)式、(7)式计算求得两点法的校正系数。再将传感器对准远景,移动中确保获得足够多幅图像,利用统计法求得校正系数。

其中 \$C_A\$ 和 \$C_B\$ 值根据观测的场景用统计方法获得。

图1是校正前原始图像,图2、图3分别是利用两点法、统计法校正后的效果显示。根据试验结果,对两种校正方法优缺点的对比见表1。

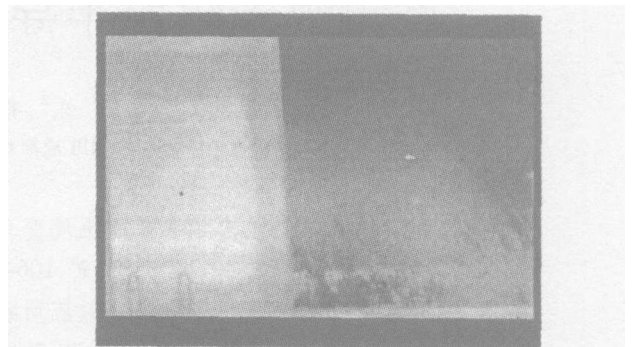


图2 TPNUC校正效果

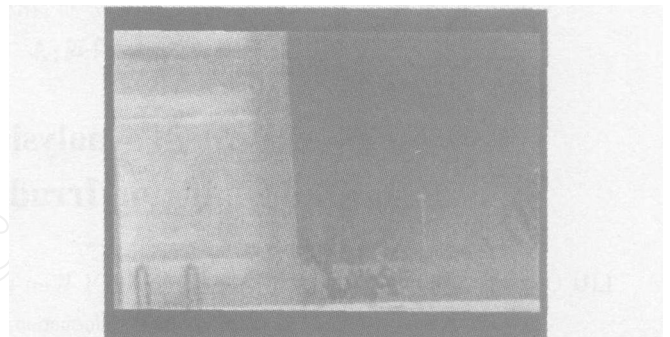


图3 SBNUC校正效果

表1 两点法与统计法对比

方法	优点	缺点
两点法	方法成熟,便于实现 处理数据量少,易实现 实时校正 对各类图像校正效果 都满意	参考源选择要与 RFPA 匹配 参考源需要定期维护 随着时间和场景的变 化,需要对 RFPA 多 次进行校正
统计法	无需参考源 不需要标定设备 可自动适应背景变换	数据处理量大,不易实 现实时校正 校准中需要移动的场 景 通常会产生“鬼影”

5 结论

传统两点法在实际校正过程中已得到较为理想的校正效果,但是随着场景和时间变化,均匀性逐渐降低,需要重复多次校正;基于场景的非均匀性校正方法,无需参考源,可自适应场景的变换,不受时间影响,尤其适用于观察远距离目标时的非均匀性校正,这一点在侦查告警系统中得到成功应用。

参考文献:

- [1] R Venkatewarlu, M H Er Nonuniformity compensation for IR focal plane array sensors[A]. Proc SPIE, 3061: 915 - 926
- [2] 陈锐,谈新权. 红外图像非均匀性校正方法综述 [J]. 红外技术, 2004, (3): 25 - 27.
- [3] 孔令彬,易新建. 利用 FPGA 实现红外焦平面阵列实时非均匀性校正 [J]. 光电工程, 2002, (12): 39 - 42