

基于 LabVIEW 的红外成像图像处理方法及应用

张寒松, 王 颖

(中电科技集团红外工程技术有限公司, 北京 100015)

摘要:随着图像技术的不断发展,图像质量的要求将越来越高。本文从原理和实用角度详细介绍了中值滤波、两点温度定标等图像处理方法,并以 LabVIEW 软件为开发平台,成功实现了对红外成像的坏点消除、非均匀性校正等,得到预期的效果。

关键词:红外探测器;图像处理;LabVIEW;滤除坏点;非均匀性校正

中图分类号:TP391.41;TN215 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2011.09.013

Infrared image process based on LabVIEW

ZHANG Han-song, WANG Ying

(CETCIR, Beijing 100015, China)

Abstract: With the rapid development of image technology, the requirement of good image quality is becoming more and more critical. From the perspective of theory and practical application, this paper describes two algorithms which are median filter and two points calibration. It is developed based on the LabVIEW platform. It is successfully applied to the bad point correction, nonuniformity correction and it achieves expected results.

Key words: infrared detector; image process; LabVIEW; bad point correction; nonuniformity correction

1 概述

红外焦平面器件是一种兼具辐射敏感和信号处理功能的新一代红外探测器,采用焦平面探测器的成像系统具有很多优点,但由于制作材料的缺陷、掺杂的非均匀性以及生产工艺过程控制的不稳定等,红外探测器会存在一少部分不正常的感光单元,一般称之为坏点;另外,红外焦平面阵列像元在均匀红外光入射条件下,其图像输出信号幅度不同,往往表现为固定图案的本底噪声和各像元响应率的不一致,一般称之为红外图像的非均匀性。

红外图像的坏点和非均匀性严重影响着红外传感器的成像质量,因此有必要对红外图像进行校正处理,本方案使用 LabVIEW 软件开发平台,通过不同的算法,处理红外图像数据,提高图像质量,达到便于观察图像及分析数据的目的。

LabVIEW 是由美国国家仪器公司(NI)推出的一款分析软件开发工具,它具有图形化编程、数据传输、无限嵌套子 VI 等优点^[1]。在图像处理方面,LabVIEW 提供了 NI-IMAQ Vision,含有多种机器视觉和科学图像处理的函数库,可以很方便的进行图

像的预处理。

2 方法及应用

对于红外探测器,由于其没有经过滤波处理,图像上总会出现一部分坏点,这些坏点的大小一般只有一个像素,并且受背景亮度变化的影响不大,基本没有变化。当进行自适应处理时,由于存在此类灰度值无变化的点,导致图像无法根据背景的变化进行自适应增益。在图像处理中,一般用两种方法来处理,一种是先记录坏点位置信息并保存,根据信息去除坏点,该方法不影响图像的边缘信息,但当坏点逐渐增多时,操作起来比较复杂;另一种是使用滤波来滤除坏点,该方法不需要保存坏点位置信息,但对图像边缘损失较大。本方案使用条件算法,对符合条件的像素不进行处理,对不符合条件、灰度与周围像素灰度差值过大、灰度值为零的像素进行划窗中值滤波。对于图像的边缘信息,以图像的边缘像素为对称中心,边缘相邻的像素为对称值,产生一组边

作者简介:张寒松(1974-),女,硕士,主要从事红外应用方面的研究。

收稿日期:2011-05-02;修订日期:2011-07-02

缘镜像,再用上述方法进行处理。

滤除坏点之后,图像可以进行正常的自适应增益,由于焦平面探测器存在多个探测源,各个探测源的响应值不一,以及设计缺陷和产品质量等多方面的原因,导致图像的非均匀性。我们采用的非制冷型焦平面探测器,含有 320×240 个探测源,由于快门的位置在探测器右下角,导致探测器在均匀背景辐照下,右下角的响应值偏低,视场内的图像右下角有一片黑斑,为解决这个问题,采用两点温度定标法对图像进行校正。



图1 图像处理算法设计流程

2.1 坏点滤除

通过非理想的镜头或者光学系统,在图像传感器上所成图像的边缘是不会发生突变的。对于一个坏点来说,周围的像素是不受该点影响的,其强度分布如图3所示。在算法处理过程中,图中的峰点应该要去除^[2]。

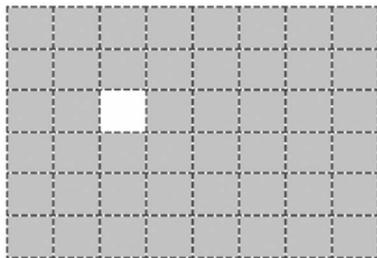


图2 坏点所成的像

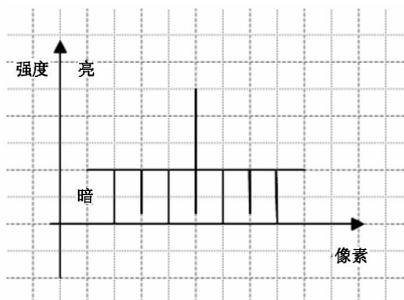


图3 坏点的强度分布

2.1.1 创建滤波窗口

在对灰度图像进行滤波处理之前,先以单个像素为单位,使用 IMAQ BuildKernel VI 模块创建一个 3×3 的窗口,所要处理的中心像素点,其灰度值由环绕其周围的8个灰色方块计算得出。

2.1.2 分配边界空间

因为每个像素的处理都必须依赖其周围的8个

像素,当处理图像的边界像素时,滤波窗口超出了图像的范围,所以对于每幅图像,在处理前使用 IMAQ SetImage Size VI 模块,为其分配一个边界空间^[3],边界空间的像素值是由与边界点相邻的灰度值经过镜像变换获得,如图4所示。

13	11	13	11	12	9	16	14	11	14
9	10	9	15	11	12	20	8	12	8
13	11	13	11	12	9	16	14	11	14
8	12	8	12	14	12	13	12	14	12
9	10	9	13	31	30	32	11	12	11
11	15	11	10	30	42	45	10	15	10
12	13	12	14	29	40	41	13	13	13
15	14	15	12	13	15	17	11	14	11
12	10	12	13	14	12	16	12	15	12
15	14	15	12	13	15	17	11	14	11

边缘镜像像素(灰色)

图4 分配边缘镜像变换示意图

这种赋值方法在边界值修正时可以获得更准确的结果。

2.1.3 设定滤波条件

如果对图像中每个像素都进行滤波处理,将会损失图像的细节信息。图5为对整幅图像进行中值滤波处理后的图像,虽然消除了图像坏点,但其细节信息变得模糊不清。

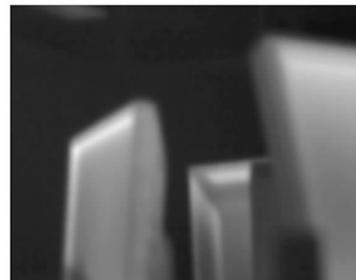


图5 未限定条件的滤波

在滤波之前先设定一个限定条件,将滤波窗口从图像左上角第一个像素移动到右下角最后一个像素,判断窗口中心点的灰度值与周围8个点的灰度均值差是否超过均值的40%,对不符合条件的像素不处理;对符合条件、灰度与周围像素灰度差值过大、灰度值为零的像素进行中值滤波,图6为限定滤波条件后的滤波图像,其细节信息得到了保存。

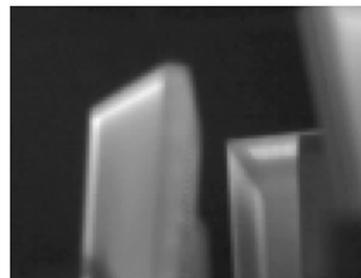


图6 添加限定条件的滤波

2.1.4 中值滤波

在设定好滤波条件后,使用 IMAQ Low Pass VI 模块,通过中值滤波算法对坏点进行消除。

中值滤波的原理是,用 3×3 的滤波窗口在图像上滑动,当遇到经过条件判定,需要处理的像素时,把窗口中 9 个像素的灰度值按升(或降)序排列,然后取排列在正中间的灰度值代替中心点,作为中心点的灰度值。这样图像中的每一个像素值都不是孤立的,它们的存在都依赖于周围像素的值与变化情况,并且由于添加了边界镜像,图像的边缘信息也不会产生突变,损失相对较小。

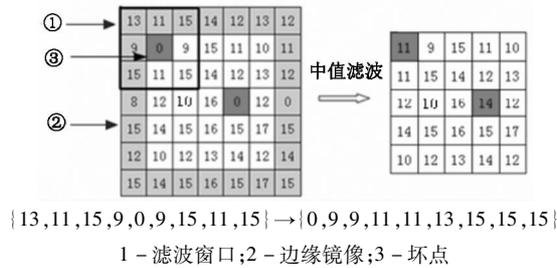


图 7 中值滤波算法示意图

图 8、图 9 为滤波后效果图。



图 8 有坏点的原图



图 9 处理后的效果图

图 10 是在 LabVIEW 环境下编写的中值滤波部分程序图。通过比较,该算法对图像的坏点起到了一个很好的修正作用,而对图像边缘的损失很小。

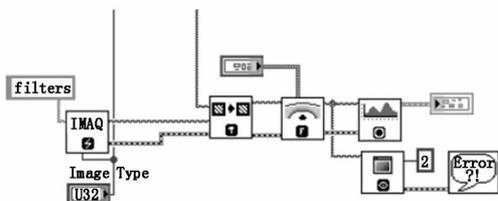


图 10 中值滤波部分 LabVIEW 程序图

通过比较,该算法对图像的坏点起到了一个很好的修正作用,并且对图像的细节和边缘信息的损失很小,能够保持原图的清晰度。

2.2 非均匀性校正

非均匀性校正时红外成像技术的重要部分,直接影响着图像数据的测量与分析。在实际应用中发现,在均匀辐射背景条件下,探测器的右下方明显比左上方暗,并且根据配套镜头型号的不同显现出不同程度的非均匀性。因此必须进行红外非均匀性校正处理,本方案采用两点温度定标法补偿焦平面探测器的非均匀性。

2.2.1 修正原理

假设探测器某一像元的响应呈线性^[4]:

$$x(\phi) = u\phi + \nu \tag{1}$$

式中, ϕ 为像元输入信号; $x(\phi)$ 为像元输出信号; u 为增益因子; ν 为偏移因子。

如果能求出增益因子 u 和偏移因子 ν ,就可求得无畸变的输入信号 ϕ 。

对于整个探测器,如果各像元在所测温度范围内为线性,忽略其他噪声的影响,则含有 n 个像元的探测器焦平面在均匀辐射背景下的输出值可以由公式(2)得到:

$$x_{ij}(\phi) = u_{ij}\phi + \nu_{ij} \tag{2}$$

式中, ϕ 为辐射通量; u_{ij} 为坐标为 (i, j) 的像元的增益; ν_{ij} 为坐标为 (i, j) 的像元的偏移量。

但由于探测器每个元的增益因子 u 和偏移因子 ν 不一样,所以导致了图像的非均匀性。

对于每一个像元, u_{ij} 和 ν_{ij} 的值都是固定的,并且不随时间变化。因此采用两点法校正即可实现红外焦平面阵列图像的非均匀校正,采集一幅图像后,求的图像的平均值,根据公式(3),对每个元进行补偿,使 y_{ij} 达到平均值,即可实现图像的均匀性。

$$y_{ij} = P_{ij}x_{ij} + Q_{ij} \tag{3}$$

式中, P_{ij} 为校正增益; Q_{ij} 为校正偏移量; y_{ij} 为校正后输出。所以两点校正法是在假定辐射背景均匀的条件下求出每个像元的 P_{ij} 和 Q_{ij} ,再用 P_{ij} 和 Q_{ij} 对输出值 x_{ij} 进行补偿,得到校正后的输出值 y_{ij} 。

2.2.2 修正方法

在光路中插入一个均匀辐射的黑体,分别在高温 T_1 和低温 T_2 下采样:

$$Y_1 = P_{ij}x_{ij}(\phi_1) + Q_{ij} \tag{4}$$

$$Y_2 = P_{ij}x_{ij}(\phi_2) + Q_{ij} \tag{5}$$

式中, $x_{ij}(\phi_1), x_{ij}(\phi_2)$ 为坐标为 (i, j) 的像元在高温 T_1 、低温 T_2 下实测响应值; Y_1, Y_2 为所有像元在高温

T_1 、低温 T_2 下的响应平均值。

联合式(4)、式(5),解二元一次方程,得出校正增益 P_{ij} 和校正偏移量 Q_{ij} :

$$P_{ij} = \frac{Y_1 - Y_2}{x_{ij}(\phi_1) - x_{ij}(\phi_2)} \quad (6)$$

$$Q_{ij} = \frac{Y_1 x_{ij}(\phi_2) - Y_2 x_{ij}(\phi_1)}{x_{ij}(\phi_2) - x_{ij}(\phi_1)} \quad (7)$$

将各阵列元的校正增益 P_{ij} 和校正偏移量值 Q_{ij} 使用 Write Binary File VI^[5] 预先存储起来,在探测过程中以此对探测器的响应值按式(3)不断进行校正。图 11 为采用两点校正法的部分 LabVIEW 程序图。

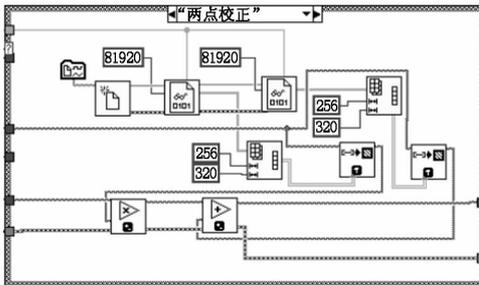


图 11 两点校正法部分 LabVIEW 程序图

2.2.3 实验验证

图 12 为两点校正前后图像非均匀性对比图。

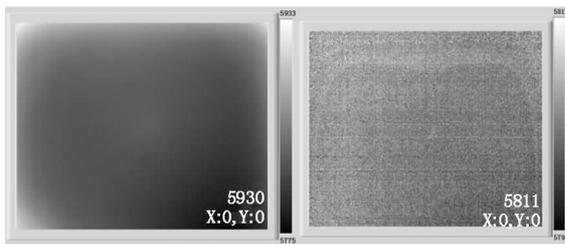


图 12 非均匀图像两点校正前后对比图

从整图的灰度尺可看出,均匀背景下的灰度差从 158 降为 15,充分验证了此方法的可行性。

两点校正法假定探测元的响应特性在所感兴趣的温度范围内是线性的,实际情况并非如此。从应用角度考虑,非均匀性校正方法必须满足:

- (a) 校正精度高,经校正后剩余的非均匀性小;
- (b) 具有良好的时效性,一次校正的效果能保持一定的时间;
- (c) 适应温度范围广。

对一个实际应用的系统,所采用的非均匀性校

正的方法同时满足以上三方面的要求,具体实施技术难度比较大,但根据实际系统使用要求,为弥补两点校正方法的这一不足,折中考虑这三方面的内容,可进一步采用选择多个温度点进行多点校正,其基本算法思想与两点校正法一致。

3 结论

红外探测器是红外成像系统的关键部件,红外探测器的成像质量直接影响系统的质量。因此解决坏点、非均匀性等问题是红外成像系统非常重要的关键。

本文从原理角度详细介绍了中值滤波、两点温度定标等图像处理方法。在实际项目开发中,以 LabVIEW 软件为设计平台,应用于产品阶段,较好的实现了对红外成像系统的坏点消除、非均匀性校正,改善了图像质量,减少了细节损失,提高了目标分辨力。

参考文献:

- [1] Zhang Hansi, Yang Yueming, et al. The application of LabVIEW and IMAQ in the testing system of mobile phone cameras[J]. Journal of Changchun University of Technology, June, 2005, 26(2): 127-129. (in Chinese) 张含思, 样月明, 等. LabVIEW 和 IMAQ 在手机摄像检测系统中的应用[J]. 长春工业大学学报, 2005, 26(2): 127-129.
- [2] Wang Huorong, Xiang Jianyong, et al. Hardware implementation of missing image pixel correction algorithm based on FPGA[J]. Electronics Technology, 2008, 21(5): 76-79. (in Chinese) 王伙荣, 向健勇, 等. 基于 FPGA 的图像坏点修正算法的硬件实现[J]. 电子科技, 2008, 21(5): 76-79.
- [3] NI Vision Concepts Manual[P]. US 372916F-01, 2007-7.
- [4] Ju Honge. Nonuniformity correction study of infrared imaging system[J]. Infrared and Laser Engineering, June, 2007, 36(6): 76-78. (in Chinese) 鞠红娥. 红外成像系统非均匀性校正方法的研究[J]. 红外与激光工程, 2007, 36(6): 76-78.
- [5] Li Hui. The design and implementation of cooled infrared detector system[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2006. (in Chinese) 李辉. 制冷型红外成像系统的设计与实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2006.