

文章编号:1007-2780(2014)04-0644-05

一种大视场 TDICCD 相机的 多传感器图像配准方法

李新娥^{1,2,*}, 班 皓³, 沙 巍¹, 韩双丽¹, 郝贤鹏¹, 任建岳¹

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033;

2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 长春水务集团信息中心, 吉林 长春 130012)

摘要:某大视场 TDICCD 相机采用多片 TDICCD 拼接, 多通道输出全色和多光谱遥感图像, 为了获得良好的融合和拼接效果, 本文提出了一种基于双线性插值的空域互相关配准方法。首先, 应用双线性插值算法对多光谱各谱段图像进行放大, 得到和全色图像相同大小的多光谱图像。然后, 采用空域互相关配准方法对多光谱各谱段图像和全色图像进行配准, 并对有重叠像元的两通道图像进行拼接。实验结果表明, 本文方法快速, 抗噪性和鲁棒性较高, 使大视场 TDICCD 相机多通道遥感图像配准取得了良好的效果。

关键词:图像配准; 双线性插值; 空域互相关

中图分类号: TP751 文献标识码: A doi:10.3788/YJYXS20142904.0644

Registration method of large field view and multi-sensor images of TDICCD cameras

LI Xin-e^{1,2,*}, BAN Hao³, SHA Wei¹, HAN Shuang-li¹, HAO Xian-peng¹, REN Jian-yue¹

(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,*
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;

2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;*

3. *Changchun Water Group, Changchun 130012, China*)

Abstract: A large field view TDICCD camera is butted by multi-chip TDICCD, which outputs multi-spectral (MS) and panchromatic (PAN) images by multi-channel. For the good result of image fusion and mosaic, a registration method based on bilinear interpolation is proposed in the field of spatial correlation. Firstly, the multi-spectral images are magnified by image processing of bilinear interpolation algorithm. The MS image has the same size as the PAN image. Secondly, in the field of spatial correlation, a registration method based on bilinear interpolation is applied on the MS and PAN images, and the two channel images having overlapping pixels are mosaiced. The experimental results show that, the proposed methods have higher rapidity, noise immunity and robustness, which makes the

收稿日期: 2014-01-09; 修订日期: 2014-02-03.

基金项目: 吉林省科技发展计划资助项目 (No. 20130522107JH)

* 通信联系人, E-mail: amylye@sohu.com

multi-channel registration of the large field view TDICCD camera obtain good results.

Key words: image registration; bilinear interpolation; spatial correlation

1 引言

当前主要的图像配准方法有:基于特征提取的图像配准;基于相位相关的频域配准;基于像素灰度值配准。基于特征提取方法计算速度较快,但需要从待配准图像中提取特征,难免引入定位误差,影响配准的精度^[1]。基于相位相关的方法具有一定的抗噪性和抗干扰性,但是对重叠像素数的大小要求比较高。基于图像灰度的配准方法无需特征提取而是直接利用图像灰度信息实现图像的配准,所以结果相对比较准确。基于灰度的图像配准方法主要采用的技术有:ABS, 欧氏距离,互相关,互信息,条件熵,联合熵等^[2]。以上这些算子能对图像进行精确和快速的提取,提取的精度也较高。

在某大视场 TDICCD 相机的多传感器多通道遥感图像的配准拼接中,以往的经典方法抗噪性和鲁棒性不高,很难实现图像高精度和快速配准拼接的要求。为了获得良好的配准效果,本文提出了一种基于双线性插值的空域互相关配准方法。

2 方法步骤

本文提出了基于双线性插值的空域互相关配准算法。该算法包括了 3 项关键技术:双线性插值、互相关相似性测度和自校验搜索策略。该算法的提出,有效地解决了大视场 TDICCD 相机多传感器多通道图像配准拼接的问题。

2.1 双线性插值

某大视场 TDICCD 相机的全色图像是多光谱图像大小的 4×4 倍,为了实现全色图像和多光谱图像的配准和融合,本文使用双线性插值方法对多光谱图像进行 4×4 倍放大预处理。

图像的放大通常是通过插值完成,在图像放大插值算法中,双线性插值算法放大后的图像比较平滑,具有较好的视觉效果。双线性插值算法是一种通过平均周围像素颜色值来添加像素的方法。该方法输出的图像每个像素都是原图中 2×2 个像素运算的结果,由于它是从原图 4 个像素中运算的,因此这种算法很大程度上消除了锯齿

现象。

令 $f(x, y)$ 为两个变量的函数,其在单位正方形顶点 ($P_{00}(0, 0)$, $P_{10}(1, 0)$, $P_{01}(0, 1)$, $P_{11}(1, 1)$ 是相邻 4 个像素的中心点) 的值 ($f(0, 0)$, $f(1, 0)$, $f(0, 1)$, $f(1, 1)$) 已知。通过插值得到正方形内任意点 (x, y) 的像素值 $f(x, y)$ 。由下面双线性方程(见公式(1))来定义的一个双曲抛物面与 4 个已知点的拟合。

$$f(x, y) = ax + by + cxy + d, \quad (1)$$

式中:4 个系数 a, b, c, d 由已知的 4 个顶点的值 $f(0, 0)$, $f(1, 0)$, $f(0, 1)$, $f(1, 1)$ 代入式(1)并解方程组得到。

2.2 互相关相似性测度

从待匹配图像的重叠部分取出一幅有特征的像素块,以该块作为模板,在另一幅图像中搜索与此模板最相似的匹配块,通过互相关评价函数给出模板与匹配块之间的相似度值^[3]。

互相关函数的表达式为:

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [S^{i,j}(m, n) \times T(m, n)]}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [S^{i,j}(m, n)]^2} \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [T(m, n)]^2}}, \quad (2)$$

其中: i, j 表示位置, T 为模板, S 表示模板覆盖下的搜索图。如果两幅图像完全匹配,则互相关系数达到最大值。

2.3 自校验搜索策略

搜索策略的任务是在搜索空间中找到最优的配准参数,在搜索过程中以相似性度量的值作为判优的依据^[4]。

本文对图像进行全局点匹配,通过互相关系数找出最佳匹配点,根据点的位置反映配准的参数变化。

(1)对图像进行隔行搜索,以免漏检因局部形变引起的参数变化。基本方法是固定基准图像的列数,行数每次递增 2。

(2)根据上一次的计算参数,自动计算找出下一次搜索的中心点,再限制一定的搜索范围,能够很大地提高搜索速度。将本次和上次基准图像点

的差值补偿给上一次在待配准图像中找出的配准点,从而得到本次的搜索中心点。

(3)图像的配准参数是变化并且是有规律的,所以对于找出的每一个点,都要进行自校正,以防止干扰点的产生。对于每一个在待配准图像中找出的点,要用基准图像当前点的上一行和后 30 行的点来进行配准检验。如果三点的参数都变化,那认为此参数变化是可信的;如果其中一点不一致,那就否决该参数的变化,继续坚持原参数进行搜索。

2.4 多传感器多通道图像配准拼接

图像配准是把同一场景的两幅或者多幅图像在空间上进行对准。图像配准一般可以分为(1)不同传感器的两幅图像之间的配准^[5],比如全色图像和多光谱图像。(2)图像部分内容相同,相同传感器的两幅或多幅图像之间的配准,比如图像的无缝拼接,由多幅单个图像匹配,拼接成全景图像。

某大视场 TDICCD 相机的多传感器多通道由于成像原理和成像条件不同,即使包含了同一个物体,在图像中物体所表现出来的几何特性(外形、大小等)及空间位置(在图像中的位置、方向等)都会有所不同。这些差异是由于拍摄图像的传感器在位置和姿态上的变化引起的空间上的位移,如图像之间的相对位移、旋转、尺度缩放以及其他几何变换。这种空间上的不同称为空间差异,这种差异可以通过图像配准消除^[6-7]。

多传感器多通道图像配准拼接实现框图见图 1,其中包括两部分的内容:(1)单通道多传感器全色和多光谱图像的配准;(2)多通道间的图像配准拼接。

单通道多传感器全色和多光谱图像的配准是两者进行图像融合的预处理环节。步骤如下:

(1)将多光谱图像红、绿、蓝($R、G、B$)三波段图像进行 4×4 倍的双线性插值;

(2)将插值后的多光谱图像 $R、G、B$ 三波段和全色图像 P 波段进行基于空域互相关的块匹配,配准过程中使用自校验搜索策略,得到 4 幅大小相同的配准图像。

多通道间的图像配准拼接是将有重叠部分的两两通道图像拼成一幅图像的技术。具体步骤如下:

(1)先完成单通道多传感器全色和多光谱图

像的配准;

(2)对两通道间重叠部分进行基于空域互相关的块匹配,配准过程中使用自校验搜索策略,完成两通道图像的拼接。

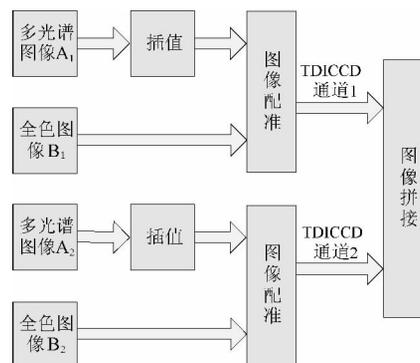


图 1 多传感器多通道图像配准拼接实现框图

Fig. 1 Block diagram of multi-sensor and multi-channel images registration and mosaic

3 结果与讨论

为了验证本文算法的有效性,对某大视场 TDICCD 相机实验室所成的全色图像和多光谱图像进行配准,并对两幅有重叠部分的图像进行了拼接。图 2 所示为多光谱图像 B 波段,大小为 $500\text{ pixel}\times 200\text{ pixel}$;图 3 所示为全色图像 P 波段,大小为 $2\ 000\text{ pixel}\times 800\text{ pixel}$ 。

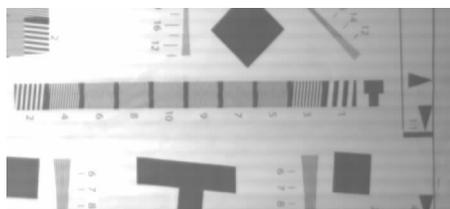


图 2 多光谱图像 B 波段

Fig. 2 B spectral band image

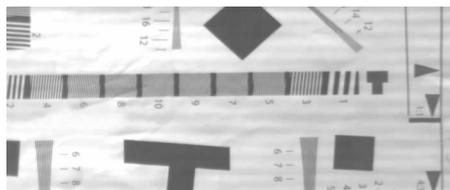


图 3 全色图像 P 波段

Fig. 3 P spectral band image

为了对多光谱图像和全色图像进行配准,需要对多光谱图像的 $R、G、B$ 三波段进行 4×4 倍的

双线性插值,得到和全色图像 P 波段大小相同的图像。图 4 是从图 3 中截取的 $125 \text{ pixel} \times 125 \text{ pixel}$ 图像经 4×4 倍双线性插值后的 $500 \text{ pixel} \times 500 \text{ pixel}$ 像素图像。图 5 是从图 4 中取出一幅待匹配图像相同部分有特征的像素块,作为匹配模板。

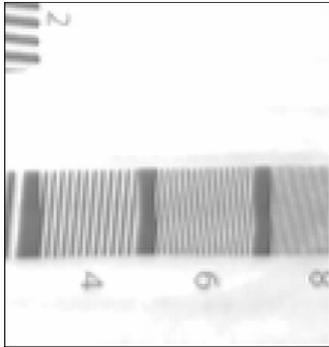


图 4 插值后的多光谱图像 B 波段
Fig. 4 Interpolated B spectral band image

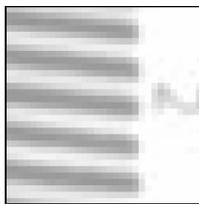


图 5 匹配模板
Fig. 5 Matching template

在图 3 中搜索与图 5 匹配模板最相似的匹配块,通过互相关评价函数计算模板与匹配块之间的最大相似度值来确定图 3 全色图像 P 波段中的匹配对齐点,得到图 3 中与图 4 内容匹配的区域,见图 6。

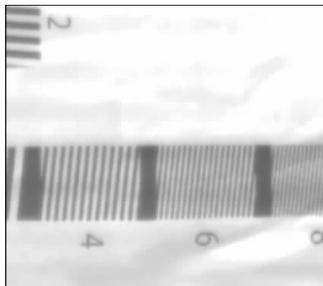


图 6 配准后的全色图像 P 波段
Fig. 6 P spectral band registration image

以上 4×4 倍插值算法计算时间为 4.14 s ,配

准算法计算时间为 15.23 s ,对比图 4 和图 6,从图 4 的清晰程度和两幅图像的大小匹配程度可以看出,本文使用的基于双线性插值的空域互相关配准方法快速,并且具有良好的抗噪性能和精度。

图 7 和图 8 为有重叠部分的两幅图像,大小为 $400 \text{ pixel} \times 400 \text{ pixel}$ 。本文对图 7 和图 8 进行基于空域互相关的配准拼接,拼接后的图像见图 9。

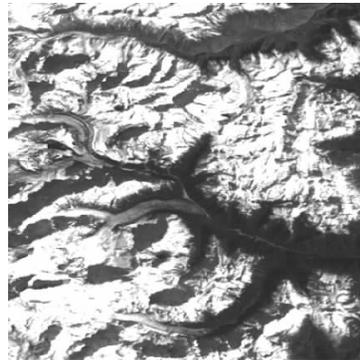


图 7 待拼接图像 M
Fig. 7 Un-mosaic image M

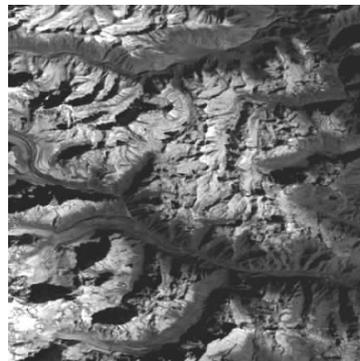


图 8 待拼接图像 N
Fig. 8 Un-mosaic image N

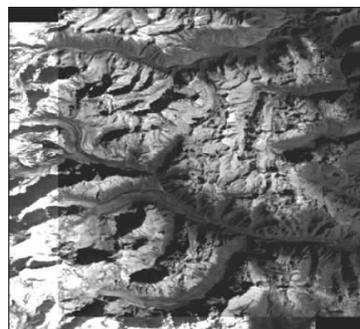


图 9 拼接后图像
Fig. 9 Mosaic image

从图 9 可以看出,拼接后的图像不仅具有较好的景物全局影像,而且还保留了原始图像的细节信息。

4 结 论

对图像配准方法进行了仔细分析,提出了基于双线性插值的空域互相关配准算法,并详细阐

述了该算法的三项关键技术。该方法简单实用,效果好,它通过在配准之前对图像进行双线性插值调整,使待配准拼接的图像比较清晰,并且大小一致,视觉效果好,有效地解决了大视场 TDICCD 相机多传感器多通道图像配准拼接的难题,在速度和精度上都取得了良好的效果。

参 考 文 献:

- [1] Li H, Manjunath B S, Mitra S K. A contour based approach to multisensor image registration[J]. *IEEE Trans. on Image Processing*, 1995, 4(3): 320-334.
- [2] Liu H Z, Guo B L, Feng Z Z. Pseudo-log-polar Fourier transform for image registration[J]. *IEEE Signal Processing Letters*, 2006, 13(1): 17-20.
- [3] 王运, 颜昌翔. 光谱仪图像的亚像素配准[J]. *光学精密工程*, 2012, 20(3): 661-667.
Wang Y, Yan C X. Sub-pixel image registration of spectrometer images[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2012, 20(3): 661-667. (in Chinese)
- [4] 杨利红, 张星祥, 孙斌, 等. 图像配准在 TDICCD 拼接焦面精度检测中的应用[J]. *红外与激光工程*, 2012, 41(7): 1934-1940.
Yang L H, Zhang X X, Sun B, et al. Application of image registration in precision detection of TDICCD butting focal plane[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2012, 41(7): 1934-1940. (in Chinese)
- [5] 吕恒毅, 刘杨, 郭永飞. 遥感相机焦面 CCD 机械拼接中重叠像元数的确定[J]. *光学精密工程*, 2012, 20(5): 1041-1047.
Lv H Y, Liu Y, Guo Y F. Computation of overlapping pixels of mechanical assembly CCD focal planes in remote sensing cameras[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2012, 20(5): 1041-1047. (in Chinese)
- [6] 王亮, 刘蓉, 张丽, 等. 基于 Fourier-Mellin 变换的气象卫星光谱图像配准[J]. *光谱学与光谱分析*, 2013, 33(3): 855-858.
Wang L, Liu R, Zhang L, et al. The meteorological satellite spectral image registration based on Fourier-Mellin transform[J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2013, 33(3): 855-858. (in Chinese)
- [7] 孙辉, 李志强, 孙丽娜, 等. 一种空域和频域相结合的运动图像亚像素配准技术[J]. *中国光学*, 2011, 4(2): 154-160.
Sun H, Li Z Q, Sun L N, et al. Sub-pixel registration of special and frequency domains for video sequences[J]. *Chinese Optics*, 2011, 4(2): 154-160. (in Chinese)

作者简介: 李新娥(1976—), 女, 河南南阳人, 博士研究生, 副研究员, 主要从事遥感图像处理方面的研究。E-mail: amylix@sohu.com