

# 图像融合与拼接算法在无人机电力巡检系统中的应用

牛姣蕾<sup>1</sup>, 林世忠<sup>2</sup>, 陈国强<sup>1</sup>

(1. 中国航空工业集团公司洛阳电光设备研究所 河南 洛阳 471009; 2 安徽送变电工程公司 合肥 230022)

**摘要:** 图像融合与拼接技术是数据综合处理过程中的新兴技术,该技术在军事领域和民用领域都有广阔的发展应用前景。无人机电力巡检系统中的图像处理算法包括图像预处理、图像配准、图像拼接和拼接缝消除算法。首先运用改进后的图像预处理算法对获取的图像进行优化,其次应用图像融合与拼接算法对多角度图像进行拼接,最后利用新型拼接缝消除算法消除拼接缝。实验结果表明,将整套算法应用于无人机巡检系统中,可对存在一定重叠和旋转的多幅图像进行自动拼接,获得无缝、清晰的大视场图像。

**关键词:** 无人机; 图像拼接; 图像配准; 图像融合; 电力巡检系统

中图分类号: V279; TP391 文献标志码: A 文章编号: 1671-637X(2014)03-0088-04

## Application of Image Fusion and Mosaic Algorithm in Unmanned Aerial Vehicle Power Patrol Inspection System

NIU Jiao-lei<sup>1</sup>, LIN Shi-zhong<sup>2</sup>, CHEN Guo-qiang<sup>1</sup>

(1. Luoyang Institute of Electro-Optical Equipment, AVIC, Luoyang 471009, China;

2. Anhui Electric Power Transmission & Transformation Company, Hefei 230022, China)

**Abstract:** Image fusion and mosaic is a emerging technology for data integrating and processing, which has great development and application prospect in both military and civilian fields. The image processing algorithms used in UAV's power patrol inspection include image pre-processing, image registration, image mosaics and seam elimination algorithm. The original images were optimized by an improved image preprocessing algorithm, then the image registration and mosaics algorithms was used for image mosaics, and a new seam elimination algorithm was applied to eliminate the seam. Thus a seamless and wide field-of-view image was acquired. The test results show that the system can automatically stitch the overlapped images.

**Key words:** Unmanned Aerial Vehicle (UAV); image mosaics; image registration; image fusion; power patrol inspection system

## 0 引言

随着国民经济的高速发展,电力输送容量和输送距离迅速增长,大容量、远距离的输电线路投入运行,输电电压也随之提高,对线路安全性的要求也越来越高。

为解决近年来灾害频发对电网安全的威胁,国内众多电力公司开始利用专用无人直升机对高压电线进行巡视。在无人机执行飞行任务时,由于单个探测器

视场有限,采集到的图像信息量较少,使得地面技术人员对变电站内高压线信息了解并不全面。为较好地解决探测器视场小、图像信息量低的问题,可用巡检吊舱拍摄多幅图像,利用图像融合技术进行数据融合形成大视场图像,以便于技术人员分析判断故障原因。

## 1 无人机电力巡检系统

无人机电力巡检系统是运用现代光电技术,以搭载高性能可见光照相、摄像、红外热成像、紫外成像等多种任务设备的专用任务吊舱系统为核心,通过数据链,由地面发送实时指令控制,也可在无人机盲飞状态下,由飞控系统提供控制指令,自主瞄准输电杆塔、自主拍摄电力设施。巡检现场如图1所示。

收稿日期: 2013-04-15

修回日期: 2014-01-04

作者简介: 牛姣蕾(1980—),女,河南开封人,硕士,工程师,研究方向为光电探测、图像处理。



图1 巡检现场

Fig.1 The inspection site

## 2 巡检系统中的图像处理算法

在大视场图像拼接过程中,预处理不完善、图像拼接缝处理不当等问题会给图像信息的获取带来较大困难,因此本文针对经典图像处理算法进行改进,将其合理地融为一体并应用于无人机电力巡检系统中。

无人机电力巡检系统中的图像处理算法包括图像信息预处理算法、图像配准算法、图像拼接算法和消除拼接缝算法。该算法流程如图2所示。

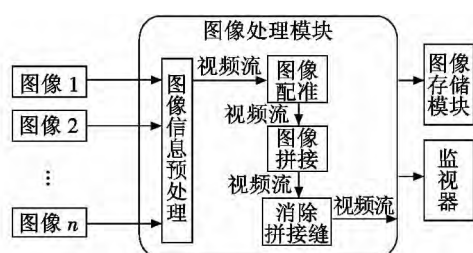


图2 大视场图像拼接算法流程图

Fig.2 Large field of view image mosaic algorithm flow chart

### 2.1 图像预处理

在图像的形成过程中,由于受到曝光过量或不足、噪声、天气等原因,探测器获取到的图像与原始图像之间会存在一定差异<sup>[1]</sup>。直方图均衡算法虽然可以拉大图像灰度级间的动态范围,自动增强图像的对比度,从而改善整幅图像的视觉效果,但直方图均衡算法只能实现整幅图像的增强,具体细节的增强结果不易控制。

经过大量实验发现,将幂次变换与经典直方图算法<sup>[2]</sup>相结合,通过参数调节,可以很好地解决经典直方图算法的不足。

幂次变换的基本形式为:  $s = cr^\gamma$ 。其中:  $c$  为增强后图像的最大灰度级(默认情况下  $c$  的值为 255);  $r$  为直方图均衡化变换函数  $T(r_i)$ ;  $\gamma$  为调节函数<sup>[3]</sup>。

参数调节如下: 1)  $\gamma = 1$   $c = 255$  时,为直方图均衡化; 2) 当  $\gamma > 1$  时,高灰度区拉伸程度越大,适于过亮图像; 3) 当  $\gamma < 1$  时,低灰度区拉伸程度越大,适于过暗图像。

### 2.2 图像配准

图像配准<sup>[4]</sup>主要包括 3 种方法: 基于灰度信息的

方法、变换频域法和基于块的模板匹配法。

针对待拼接图像中重叠区域的相同(相似)性,本文采用基于块的模板匹配法<sup>[5]</sup>。这是一种基于图像像素的图像拼接算法,利用图像本身的灰度特性,进行图像重叠区域的确定,算法流程如图3所示,匹配算法演示如图4所示。



图3 基于块的模板匹配

Fig.3 Block based template matching

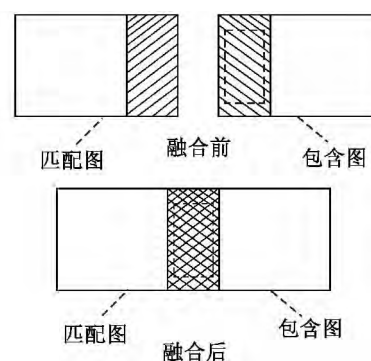


图4 匹配过程演示图

Fig.4 The matching process

### 2.3 图像拼接

在某些情况下,由于拍摄时光照、环境条件(如噪声、云、烟雾、雨等)、视野、地点的差异,两幅待拼接图像的重叠区域可能会有较大的差别<sup>[6]</sup>。如果直接对这样的图像进行简单的叠加拼合,得到的拼接图在拼接位置上会存在明显的接缝以及重叠区域的模糊和失真现象。为了得到无缝的高清晰图像,就要选择合适的融合策略。融合策略的选择应当满足两方面的要求: 拼合边界过渡应平滑,消除拼合接缝实现无缝拼接; 尽量保证不因拼合处理而损失原始图像的信息。因此,图像的平滑过渡以及无缝拼接技术是图像拼接技术的又一关键技术。

图像拼接技术最常用的有两种解决方法: 平均值法和渐入渐出法。本文采用平均值法<sup>[7]</sup>。

对于待拼接的两幅图像,配准后图像之间重叠区域像素点的灰度值采用其重叠区域的平均值。设  $f$  代表融合后的图像,  $f_1$  和  $f_2$  分别代表待拼接的两幅图像,则有

$$f(x, y) = \begin{cases} f_1(x, y), & (x, y) \in f_1 \\ [f_1(x, y) + f_2(x, y)]/2, & (x, y) \in f_1 \cap f_2 \\ f_2(x, y), & (x, y) \in f_2 \end{cases} \quad (1)$$

利用 VC 环境 根据平均值法分别对上下两幅图像和左右两幅图像进行拼接实验 实验结果如图 5 所示。



图 5 VC 实现上下、左右图像拼接

Fig. 5 Image mosaic realized in VC

## 2.4 拼接缝消除

图像拼接算法中的平均值法相当于对图像进行了低通滤波 在融合部分会有明显的带状感觉 最终的拼接图像中会存在较为明显的拼接痕迹。

目前有泊松编辑法、羽化法、拉普拉斯金字塔混色法等技术来解决这一问题 但效果不是很明显。本文利用一种新的基于图像梯度场能量函数的方法来消除拼接缝<sup>[8]</sup> 较好地解决了图像拼接缝的几何错位。

假设  $I_1, I_2$  是两幅配准图像 重叠区域为  $\alpha$   $w_1, w_2$  分别为除  $\alpha$  外的区域  $I$  为拼接结果。

有界  $T_V$  (全变差或总变差) 函数空间能够更精确地估计图像的不连续性 因此采用  $T_V$  范数不会对图像边缘过分平滑。为了更好地估计图像的不连续性 处理断裂的边缘 采用  $T_V$  范数来表示源图像和目标图像的梯度场差异。

$$E(I) = \sum_{p \in \alpha} \|\Delta I(p)\| \quad (2)$$

式中:  $\Delta = \left[ \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \right]$  为梯度算子;  $\alpha$  表示目标区域。在式(2)中引入一个梯度场  $V$  则

$$E(I) = \sum_{p \in \alpha} \|\Delta I(p) - V(p)\| \quad (3)$$

假设  $w_1$  区的颜色值  $I_1$  不变 目标区通过重新插值 利用式(3) 拼接结果  $I$  求解能量函数最小值。

$$E(I) = \sum_{p \in \alpha} \|\Delta I(p) - \Delta I_1(p)\| + \sum_{p \in \alpha \cup w_2} (1 - X(p)) \cdot \|\Delta I(p) - \Delta I_2(p)\| \quad (4)$$

式中  $X(p) = \begin{cases} 0.5, & p \in \alpha \\ 0, & p \in w_2 \end{cases}$ 。引入一个二进制掩码:

$$Y(p) = \begin{cases} 1, & p \in \alpha \\ 0, & p \in w_2 \end{cases} \text{。求解得}$$

$$XY\Delta \cdot \frac{\Delta I - \Delta I_1}{\|\Delta I - \Delta I_1\|} + (1 - X)\Delta \cdot \frac{\Delta I - \Delta I_2}{\|\Delta I - \Delta I_2\|} = 0 \quad (5)$$

用迭代的方法求解式(5) 即可得到消除拼接线的方法。消除缝算法使用前后的仿真效果如图 6 所示。

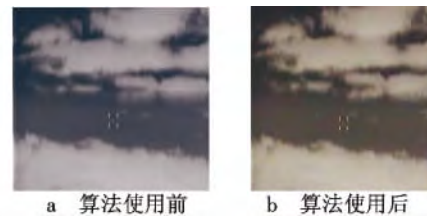


图 6 拼接缝消除前后示意图

Fig. 6 Schematic diagram of seam elimination

## 3 图像融合与拼接算法在无人机巡检系统中的应用

### 3.1 算法应用平台

无人机电力巡检系统采用标准的硬件平台 利用 TMS320DM642 作为主处理器。该硬件平台系统概略图如图 7 所示。

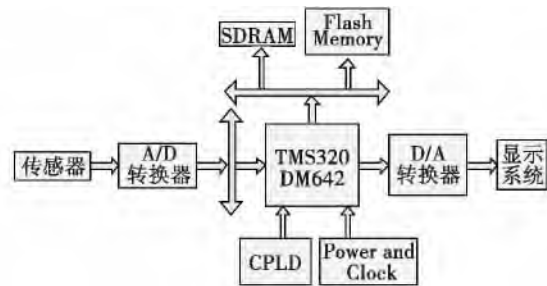


图 7 系统硬件概略图

Fig. 7 The system hardware structure

### 3.2 算法步骤

- 1) 利用改进后的直方图均衡算法对采集到的高清图像进行预处理;
- 2) 根据无人机飞行速度及高清相机拍照间隔 推算出图像像素偏移量;
- 3) 求解相邻两幅图像的匹配区;
- 4) 运用匹配模型进行相邻图像重叠区的精确匹配 从而获得最佳重叠区域;
- 5) 利用最佳重叠区域对相邻图像进行数据融合及图像拼接;
- 6) 利用改进后的消除拼接缝算法对拼接后的图像进行消缝处理 从而形成大视场拼接图像。

### 3.3 应用结果

无人机电力巡检系统中的专用任务吊舱沿运动轨迹拍摄多角度图像 在图像处理模块中利用图像融合技术将多角度图像拼接成大视场图像 如图 8 所示。



图8 原始图像和处理后结果

Fig. 8 The originals image and the mosaic image

#### 4 结束语

传统图像拼接算法完成大视场拼接时往往会带来图像信息部分丢失、图像明暗不均、拼接后图像中拼接缝明显等现象。本文提出的图像融合与拼接算法针对传统拼接算法的不足,对其进行改进,经改进算法处理后的图像画面清晰,无明显拼接痕迹,将其应用于无人机电力巡检系统可以便于工作人员对高压线路进行安全排查。

#### 参考文献

- [1] 章毓晋. 图像工程[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.  
ZHANG Y J. Image engineering [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999.
- [2] GONZALEZ R C, WOODS E E, EDDINS S L. Digital image processing using matlab [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2009.
- [3] 牛姣蕾, 万里青, 高宏昌. 机载 CCD 数字图像的增强[J]. 电光与控制, 2007, 14(6): 139-143.  
NIU J L, WAN L Q, GAO H C. Enhancement of airborne CCD digital images [J]. Electronics Optics & Control, 2007, 14(6): 139-143.
- [4] 石云飞, 王永平, 李龙济, 等. 基于模板匹配的柱面全景图拼接优化算法[J]. 工程图学学报, 2005, 26(1): 96-99.  
SHI Y F, WANG Y P, LI L J, et al. An optimized mosaics algorithm of cylindrical panoramic images based on template matching [J]. Journal of Engineering Graphics, 2005, 26(1): 96-99.
- [5] SZELISKI R, SHUN H Y. Creating full view panoramic image mosaics and environment maps [C]//SIGGRAPH97, Los Angeles, CA, USA, 1997: 251-258.
- [6] 方贤勇, 潘志庚, 徐丹. 图像拼接的改进算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(11): 1362-1365.  
FANG X Y, PAN Z G, XU D. An improved algorithm for image mosaics [J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2003, 15(11): 1362-1365.
- [7] 薛峰, 张佑生, 江巨浪, 等. 基于最大梯度和灰度相关的两步全景图拼接算法[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(12): 2965-2968.  
XUE F, ZHANG Y S, JIANG J L, et al. Two-pass mosaic algorithm of panoramic image using maximum grads and intensity correlation [J]. Journal of System Simulation, 2005, 17(12): 2965-2968.
- [8] CHEN S E, Quiktim V R: An image-based approach to virtual environment navigation [C]//Proceedings of the 22nd Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, ACM, 1995: 29-38.
- [9] 金林. 弹道导弹目标识别技术[J]. 现代雷达, 2008, 30(2): 1-5.  
JIN L. Technique of target recognition for ballistic missile [J]. Modern Radar, 2008, 30(2): 1-5.
- [10] 刘永祥, 黎湘, 庄钊文. 导弹防御系统中的雷达目标识别研究[J]. 国防科技大学学报, 2004, 26(4): 6-9.  
LIU Y X, LI X, ZHUANG Z W. Research on radar target discrimination in the missile defense system [J]. Journal of National University of Defense Technology, 2004, 26(4): 6-9.

(上接第79页)

TAN J, WANG J X, CHEN C. A model of radar and IR joint disposition and its optimized solution [J]. Fire Control and Command Control, 2011, 36(4): 131-134.

- [8] 蔡婧, 许剑, 李婧娇. 基于文化遗传算法的雷达组网优化部署[J]. 现代防御技术, 2010, 38(6): 6-10.  
CAI J, XU J, LI J J. Genetic algorithm based on cultural algorithm applied to optimal deployment of radar network [J]. Modern Defence Technology, 2010, 38(6): 6-10.