

一种基于改进RANSAC的红外图像拼接方法

徐鑫 孙韶媛 沙钰杰 赵晓建

东华大学信息科学与技术学院, 上海 201620

摘要 在一般的红外图像拼接过程中,采用传统随机抽样一致(RANSAC)方法,耗时往往会稍长。为了缩短图像拼接所耗费的时间,提出了基于尺度不变特征转换(SIFT)和改进RANSAC的图像拼接方法。先通过SIFT得到特征点和特征描述,然后用改进的RANSAC对不匹配的特征点进行剔除,通过得到的变换矩阵完成图像的融合。在改进RANSAC中,设置0.95和0.85两个阈值,少量迭代后,选择跳出循环、重新选择或者计算出新的迭代次数,新的迭代次数必定比传统迭代次数小,因而达到减少时间的效果。红外图像拼接后,把实验结果与采用传统RANSAC算法的结果进行多方位比较,可以发现本文方法能够达到减少时间的目的。

关键词 红外图像;图像拼接;尺度不变特征转换;随机抽样一致

中图分类号 TP391 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/LOP51.111001

A Method of Infrared Image Mosaic Based on Improved RANSAC

Xu Xin Sun Shaoyuan Sha Yujie Zhao Xiaojian

College of Information Science and Technology, Donghua University, Shanghai 201620, China

Abstract In common process of infrared image mosaic, using the traditional random sample consensus (RANSAC) method often takes a long time. In order to shorten the time consuming of image mosaic, a method of infrared image mosaic based on scale-invariant feature transform (SIFT) and improved RANSAC is proposed. Firstly, feature points and descriptors are obtained by SIFT algorithm. Then the wrong corresponding feature points are deleted by improved RANSAC. The image fusion is implemented, using the transformational matrix. In the improved RANSAC, we set thresholds of 0.95 and 0.85. After some iterations, we choose to jump out of the loop, reselect or calculate a new iteration number. The new number must be smaller than the old one, so the time consuming is shortened. Comparing the infrared image mosaic results with those results based on traditional RANSAC, we can find that the time consuming of proposed method is shorter.

Key words infrared image; image mosaic; scale-invariant feature transform; random sample consensus

OCIS code 110.3080; 100.2960; 110.6820

1 引言

图像拼接是把一组具有重叠信息的图像根据图像匹配融合出一幅包含所有信息的宽视觉图像的过程^[1]。相对于可见光图像,红外图像细节信息较少,也更模糊^[2-4]。图像拼接一般来说包含以下几个步骤:图像采集,图像预处理,图像信息提取,图像信息匹配和最后的图像融合。大致流程如下:通过设备采集到一组待拼接的图像,根据采集到图像的不同状况,对它们进行预处理,采用不同的方法对图像进行信息提取,然后根据特征信息,完成图像之间的配准,把图像放在同一个坐标下,达到图像融合的结果,至此得到了图像拼接图。

目前,图像拼接技术在多个领域有应用,比如军事和医学。图像拼接需要进行多个步骤,从预处理到匹配融合,而当其中一个环节出现较大失误时,会严重影响最后的拼接结果,图像匹配就是最关键的一步。图像拼接方法有基于变换域的方法、基于灰度相关的方法和基于特征的方法。Fischler等^[5]在1981年提出了

收稿日期: 2014-04-18; 收到修改稿日期: 2014-06-03; 网络出版日期: 2014-10-10

基金项目: 国家自然科学基金(61072090,61205017,61375007)、上海市浦江人才计划(12PJ1402200)

作者简介: 徐鑫(1990—),女,硕士研究生,主要从事红外图像处理研究。E-mail: jinqu1114@126.com

导师简介: 孙韶媛(1974—),女,博士,副教授,主要从事夜视图像方面的研究。E-mail: shysun@dhu.edu.cn

随机抽样一致(RANSAC)算法。Harris等^[6]在1988年提出了Harris角点提取算法。Richard Szeliski^[7]在1996年提出基于运动的图像拼接方法,其中运用了L-M算法。Smith等^[8]在1998年提出了灰度互相关方法,该方法速度快,但并不稳定。Lowe^[9]在1999年提出了尺度不变特征转换(SIFT)算法,该方法在红外图像发生平移、旋转、仿射情况下具有不变性。Lowe^[10]在2004年在特征提取方面进行了更深入研究。Hartley等^[11]在2003年改进了RANSAC算法,结果稍胜一筹,但耗时太长。作建宁等^[12]在2006年提出了基于特征点的图像拼接方法。郭永刚^[13]在2007年提出了一种基于傅里叶变换的红外热波图像拼接算法。冯嘉^[14]在2010年对SIFT算法进行了研究与改进。同年,黄小荣^[15]对红外热波图像配准方法进行研究,提出了基于遗传算法的配准方法,运行速度得到了提升。陈路路等^[16]在2013年利用灰度投影的相位相关算法对红外热像仪拍到的空冷凝汽器散热面温度场的红外自图像进行配准拼接。

本文特征提取选用SIFT算法,它在图像旋转、缩放等情况下仍能较好的提取特征点。但SIFT算法也会提取出错误的特征点,所以需要去除误匹配。在基于SIFT提取特征点和RANSAC剔除误匹配的基础上,改进RANSAC迭代次数以缩短拼接时间。算法的基本思想是先对两幅红外图像进行特征提取,用RANSAC算法对图像配准结果选择剔除,然后利用余下的匹配点找到两幅图像的关系参数,拼接成一幅大图像。

2 SIFT算法的特征提取

采用SIFT算子提取特征点。SIFT算子是Lowe于1999年提出,2004年完善的一种基于尺度空间的算子,该算法应用广泛,在图像平移、旋转、缩放等情况下依然保持不变性。特征提取的基本过程如下:

1) 图像金字塔的建立

多个尺度空间表示图像具有多尺度特征。已有事实表明,高斯核是实现尺度变换的唯一线性核。在此基础上,图像的尺度空间为

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y), \quad (1)$$

其中 $G(x, y, \sigma)$ 为尺度可变的高斯函数, σ 为尺度, (x, y) 为空间坐标。因此 σ 决定图像细节的清晰度,当它较大时,图像细节不够清晰,反之,图像细节清晰。

2) 尺度空间极值点的检测

要想取得尺度空间的极值点,在DOG尺度空间中采用如下步骤:一个采样点需要同26个点比较,然后才能得出极值点。这26个点包括同尺度图像中相邻的8个点,还有相邻尺度上的相邻18个点。

3) 极值点的确定

此步骤关键在于通过三维二次函数的拟合,去除不稳定的边缘点和低对比度点,并确定关键点的尺度和坐标。首先对空间尺度函数求导,并令其为零,求出精确位置,然后剔除不满足要求的点。

4) 关键点主方向的确定

根据关键点 (x, y) 临近四个点的尺度 L 来确定梯度的模值和方向,公式表示为

$$m(x, y) = \sqrt{[L(x+1, y) - L(x-1, y)]^2 + [L(x, y+1) - L(x, y-1)]^2}, \quad (2)$$

$$\theta(x, y) = a \tan 2 \frac{L(x, y+1) - L(x, y-1)}{L(x+1, y) - L(x-1, y)}. \quad (3)$$

由(2),(3)式,可得关键点的三方面信息:方向、尺度和位置坐标。

5) 关键点描述子的产生

以关键点为中心,分布 4×4 窗口,在窗口内计算8个方向的梯度信息,最后得到128维的特征向量。

3 改进的RANSAC算法

RANSAC算法是一种常用的基础矩阵计算方法^[17]。RANSAC算法基本过程如下:从提取到的特征点中随机选取4对,然后从这8个特征点中得到两张图像的变换矩阵,设置特定的要求,当出现最符合要求的矩阵时,该矩阵就成为最终矩阵,相应的特征点也被认定为优良特征点。剩余的特征点就要剔除,被视为噪音。在传统方法中,考虑到迭代次数太少,会妨碍到最后的拼接结果,所以迭代次数不能取太少。倘若迭代次数取太多,虽然能够得到很好的拼接结果,但历时太长,影响拼接时间。所以本文提出了一种改进

RANSAC方法,通过计算得出相对较少的新的迭代次数,缩短了拼接时间。其中,根据经验,当内点比率大于0.95阈值时,可以把此时的内点数认定为最大内点数,不需要再继续循环实验,所以选取0.95作为上限;基于两个阈值之差偏大或偏小都不合适的依据,取另一个阈值为0.85;在此基础上进行实验,对实验结果满意,于是设置0.95和0.85两个阈值。根据少量迭代后的 ω 值(内点的比率),跳出循环、重新选择或者计算出新的迭代次数。由于传统迭代次数是由极小的 ω 值决定的,一般是个超大值,因而新的迭代次数必定比传统迭代次数少。

本文改进的RANSAC算法具体步骤如下:

1) 随机从众多点中选取4个点,每次得到结果后都与上次的结果比较,最后得到最终结果。迭代次数可表示为

$$N = \frac{\log(1-p)}{\log[1-(1-\varepsilon)^n]} = \frac{\log(1-p)}{\log(1-\omega^n)} \quad (4)$$

其中 p 表示的是在迭代过程中随机抽取数据都是内点的概率,本文选取0.95。 ε 表示错误率, $\omega = n_m/n_{all}$,其中 n_m 、 n_{all} 分别表示内点和全部点个数。

当某次运行结果中 ω 不小于0.95时,就认为此时的矩阵已经是最佳变换矩阵,相应的内点数就是最大内点数,于是不再重复迭代,结束循环。

首先把迭代次数设定为一个小整数,当迭代次数已经达到最大值, ω 出现大于0.85的值时,找出 ω 大于0.85时的所有值,然后求平均值 $\bar{\omega}$,即 $\bar{\omega}$ 等于所有大于0.85的 ω 之和除以所有大于0.85的 ω 的个数,然后把 $\bar{\omega}$ 值代入迭代次数(4)式中的 ω ,得到新的迭代次数。

当迭代次数已经达到最大值, ω 全部小于0.85时,挑出其中最大的 ω ,依此得出新的迭代次数。在新的迭代循环中,出现 ω 不小于0.95,立刻跳出循环。

2) 选取4对匹配点,得到变换矩阵 H 。

选择匹配点有一些要求:倘若出现一幅图中四个点有三个点在一条直线上,则不符合要求;倘若四个点距离太近,也不符合条件。出现以上情况,则重新选择匹配点。

当两幅图像只有一些平移差别时,可把两幅图并列排列,若匹配点连线保持平行,就判定为正确匹配。若出现严重不平行,则重新选择匹配点,并删除严重误匹配点。

3) 根据变换矩阵 H 得出变换前后的距离。公式如下:

$$D = d(X, HX') \quad (5)$$

设定一个合适的阈值,若特征点根据变换矩阵 H 得到的距离 D 在阈值之内,就判定为局内点(内点);反之,为局外点(外点)。

4) 当内点最多时,与此相应的矩阵 H 判定为最优 H 。

4 图像拼接和结果对比

为了证明本文方法的优势,用自拍的一系列红外图像进行拼接,并将结果与传统方法进行比较。以下给出390 pixel×720 pixel大小的两张人物红外图的原始图和最后拼接图。其中关键点有214个,最后配对98对。图1是待拼接的两幅原始红外图像。图2是两幅红外图像的匹配图。图3是图1中两幅红外图像采用传统RANSAC的拼接图。图4是图1中两幅红外图像采用改进RANSAC的拼接图。可以发现拼接图差别不大。由于单次实验结果随机性太大,容易出现错误,所以每个结果都是10次结果的总时间值。在表1中,两幅红外图像明显存在上下、左右的平移。在表2中,旋转角度指的是把两幅待拼接图像中的其中一幅图作旋转时旋转的角度,依照同样的方法拼接,计算10次得出总的的时间。在所列举的角度中,随着角度增大,消耗的时间有变短的趋势。在表3中,放大倍数指的是把两幅待拼接图像中的其中一幅图作放大时放大的倍数,也依照同样的方法拼接,计算10次得出总的的时间。结果显示,随着放大倍数的增加,时间有变长的趋势。表4中,基于同一组图像比较了采用RANSAC和归一化互相关(NCC)算法的时间。NCC匹配算法是根据图像之间的相似性来匹配。

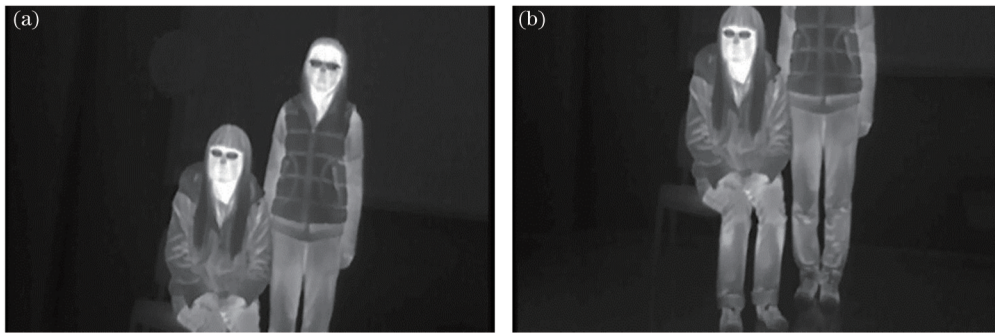


图1 待拼接的原始红外图像。(a)原始图像 a; (b)原始图像 b

Fig.1 Original infrared images before mosaic. (a)Original image a; (b) original image b

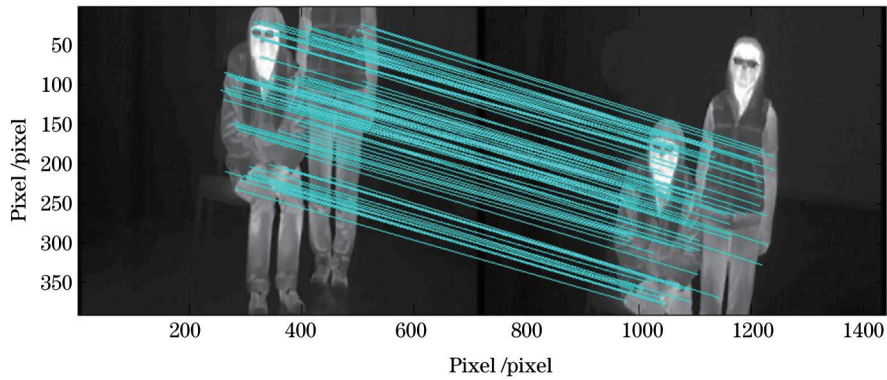


图2 图像 a和图像 b的匹配图

Fig.2 Matching image of image a and image b



图3 图像 a和图像 b的拼接图 1

Fig.3 Image mosaic 1 of image a and image b



图4 图像 a和图像 b的拼接图 2

Fig.4 Image mosaic 2 of image a and image b

表1 本文改进算法与传统算法对人物红外图像拼接的时间对比

Table 1 Time comparison of the improved and traditional algorithms

Algorithm	Images	Size of picture	Number of experiments	Matching- pair number	Time consumption
Paper's	Image a and b	390 pixel×720 pixel	10	96	30.062839 s
Traditional	Image a and b	390 pixel×720 pixel	10	96	31.877214 s

表2 两种算法在图像存在旋转的情况下对人物红外图像拼接的时间对比

Table 2 Time comparison of the two algorithms in situation of image rotation

Rotation angle	30°	60°	90°
Paper's	42.344311 s	41.54699 s	26.879235 s
Traditional	43.383419 s	43.782155 s	28.448109 s

表3 两种算法在图像存在缩放的情况下对人物红外图像拼接的时间对比

Table 3 Time comparison of the two algorithms in situation of images with various sizes

Enlargement factor	0.6	0.7	0.8
Paper's	20.644534 s	21.550454 s	23.447649 s
Traditional	22.48174 s	23.241804 s	24.760869 s

表4 RANSAC 和 NCC 算法对人物红外图像拼接的时间对比

Table 4 Time comparison of RANSAC and NCC algorithms

Algorithm	Images	Size of picture	Time consumption
RANSAC	Image a and b	390 pixel×720 pixel	0.918816 s
NCC	Image a and b	390 pixel×720 pixel	1.473432 s

5 结 论

提出了一种基于改进 RANSAC 算法的图像拼接方法,侧重于 RANSAC 算法中迭代次数的减少,以达到减少时间的目的。首先采用 SIFT 算法提取特征点,用改进 RANSAC 算法去除不匹配特征点,然后根据变换矩阵融合图像,拼接成一幅大图。在改进 RANSAC 算法中,设置两个阈值,根据 ω 值,计算出新的迭代次数,新的迭代次数必定比传统迭代次数少,因而达到减少时间的效果。实验结果表明,本文算法能够实现图像的无缝拼接,并在速度上有一定的提高。

参 考 文 献

- 1 Brown L G, A survey of image registration techniques [J]. ACM Computing Surveys, 1992, 24(4): 325-376.
- 2 Zhang Lei, Zhang Yu, Wang Xiaoxia. Visible and infrared images fusion algorithm based on phase modulation [J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2012, 49(11): 111005.
张 雷, 张 宇, 王肖霞. 基于相位调制的可见光与红外图像融合算法[J]. 激光与光电子学进展, 2012, 49(11): 111005.
- 3 Zhang Hui, Xu Hui, Lin Liangkui. Super-resolution method of closely spaced objects based on sparse reconstruction using single frame infrared data [J]. Acta Optica Sinica, 2013, 33(4): 0411001.
张 慧, 徐 晖, 林两魁. 基于稀疏重构的空间临近目标红外单帧图像超分辨方法[J]. 光学学报, 2013, 33(4): 0411001.
- 4 Wu Zepeng, Xuan Ming, Jia Hongguang, *et al.*. Infrared image dynamic range compression and contrast enhancement based on optimal mapping curve [J]. Chinese J Lasers, 2013, 40(12): 1209002.
吴泽鹏, 宣 明, 贾宏光, 等. 基于最优映射曲线的红外图像动态范围压缩的对比度增强方法[J]. 中国激光, 2013, 40(12): 1209002.
- 5 Fischler M A, Bolles R C. Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography [J]. Communications of the ACM, 1981, 24(6): 381-395.
- 6 Harris C, Stephens M. A combined corner and edge detector [C]. 4th Alvey Vision Conference, 1988. 147-151.
- 7 Richard Szeliski. Video mosaics for virtual environments [J]. Computer Graphics and Applications, 1996, 16(2): 22-30.
- 8 Smith Sinclair C. Effective corner matching [C]. British Machine Vision Conference, 1998. 552-556.
- 9 Lowe D G. Object recognition from local scale-invariant features [C]. Seventh International Conference on Computer Vision, 1999, 2: 1150-1157.
- 10 Lowe D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.
- 11 Hartley R, Zisserman A. Multiple View Geometry in Computer Vision [M]. 2nd edition, Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- 12 Wu Jianning, Guo Baolong, Feng Zongzhe. An image mosaic method based on interest points matching [J]. Journal of Computer Applications, 2006, 26(3): 610-612.
仵建宁, 郭宝龙, 冯宗哲. 一种基于兴趣点匹配的图像拼接方法[J]. 计算机应用, 2006, 26(3): 610-612.
- 13 Guo Yonggang, Ge Qingping, Jiang Changsheng. FFT-based image mosaicing of infrared thermal wave images [J]. Applications Research of Computers, 2007, 24(1): 227-228.
郭永刚, 葛庆平, 姜长胜. 基于傅里叶变换的红外热波图像拼接[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(1): 227-228.
- 14 Feng Jia. The Research and Improvement of SIFT Algorithm [D]. Changchun: Jilin University, 2010.

- 冯 嘉. SIFT算法的研究和改进[D]. 长春: 吉林大学, 2010.
- 15 Huang Xiaorong, Zhang Jinyu. Study of registration of infrared thermal wave images based onf genetic algorithm [J]. *Infrared*, 2010, 31(8): 33-37.
黄小荣, 张金玉. 基于遗传算法的红外热波图像配准技术研究[J]. *红外*, 2010, 31(8): 33-37.
- 16 Chen Lulu, Li Xiaolu, He Tao, *et al.*. Image-matching-based temperature field measurement of heat dispersing surface of air-cooled condenser [J]. *Acta Optica Sinica*, 2013, 33(11): 1112003.
陈路路, 李小路, 贺 涛, 等. 基于图像拼接的空冷凝汽器热面温度场测量[J]. *光学学报*, 2013, 33(11): 1112003.
- 17 Zhang Ning, Chang Lei, Xu Xiping. Research on the technology of three-dimensional reconstruction based on machine vision [J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2012, 49(5): 051001.
张 宁, 常 雷, 徐熙平. 基于机器视觉的三维重建技术研究[J]. *激光与光电子学进展*, 2012, 49(5): 051001.