

# 基于特征点概率模型与匹配的图像拼接算法

闫娜

(陕西财经职业技术学院 咸阳 712000)

**摘要:**为了解决图像内容单一、特征点不明显且数量少而导致其难以拼接准确的问题,提出了基于特征点概率与匹配的图像拼接算法。首先,利用图像重叠区域特征的单应性,开发出对旋转、尺度及光照不变的可特征几何结构,计算焦距矩阵与旋转矩阵,实现特征点检测;利用随机抽样一致性算法,完成特征点匹配。然后,利用伯努利分布特性和贝叶斯计算,建立内点和离群点的模型概率,剔除错误匹配点,从而提高图像匹配精度,准确完成图像拼接。最后以条码对接是否准确为图像拼接质量判断基准,实验测试结果显示:与当前图像拼接技术相比,该算法拥有更高的拼接准确率与鲁棒性。

**关键词:** 图像拼接;图像匹配;模型概率;焦距矩阵;单应性;随机抽样一致性

**中图分类号:** TP391;TN99 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.6040

## Image mosaic algorithm based on feature points probability model and matching

Yan Na

(Shaaxi Vocational College of Finance and Economics, Xianyang 712000, China)

**Abstract:** In order to solve the image content and single feature points is not obvious and the number of little and lead to its difficult to splice the exact problem, put forward the image stitching algorithm based on probability and matching feature points. Should first, using the image characteristics of the overlapping area, developed for rotation, scale and illumination invariant feature geometry structure, reliable calculating distance matrix and the rotation matrix, realize the feature point detection; Using random sampling consistency algorithm, feature point matching. Then, using the Bernoulli distribution characteristics, and calculation of the bayesian model points and outliers in probability, eliminate error matching points, so as to improve the image matching accuracy, accurate finish image stitching. Last barcode docking is accurate as benchmark image splicing quality judgment, experimental test results show that compared with the current image splicing technology, the joining together of this algorithm has higher accuracy and robustness.

**Keywords:** image mosaic; image matching; probability model; focal length matrix; single should features; random sampling uniformity

## 0 引言

图像拼接算法已广泛应用于各个领域的科技产品,汽车电子系统、视频监控系統、遥感地图系统和工业自动化检查系统等<sup>[1-2]</sup>。其中,工业自动化检查系统由于相机视场有限,而需采集视野较大,因此需要采用图像拼接技术构成一帧大图像。由于工业工件类图像往往内容单一,两帧图像之间的相似区域较少,且特征点不明显,导致图像拼接力不足。

在图像拼接方面,国内研究人员已经将计算机视觉技术引入到该领域中,对其展开研究,如邹承明<sup>[3]</sup>提出了基于

几何学图像配准的 SIFT 图像拼接算法,用相位相关法粗略定位图像的重叠区域,对重叠区域进行特征兴趣点的提取,对提取出的点构造泰森多边形;然后将图像切分为 4 行和 4 列,分别在每个小区域内根据构造的泰森多边形找到 4 对匹配点对,算出相应的图像变换矩阵,从而提升了图像拼接的效率。然而,这种技术未充分考虑特征点较少的情况。在针对图像内容简单的拼接时,往往不能准确拼接。李玉峰<sup>[4]</sup>提出了基于区域分块与尺度不变特征变换的图像拼接算法,利用图像能量的归一化互相关系数快速分割出匹配图像与待匹配图像间的相似区域,利用 SIFT 算法在重叠区域中搜索出能用于匹配的图像特征点并实现快速精

准确配准,然后,通过对图像进行了几何校正和图像融合来实现图像序列间的无缝拼接,然而,这种技术未充分考虑相似区域较少的情况。在针对图像相似区域较少的拼接时,往往不能准确拼接。

为了提高图像拼接系统的准确率,从特征点概率模型与配对两个方面入手。一方面,基于图像特征单应性挖掘,完成旋转矩阵、焦距矩阵等关键参数计算,完成检测特征点。另一方面,建立图像特征概率模型,达到图像准确配对的目的。最后,基于软件工程,把以上方法逐个实现,并集成在拼接系统中,测试所提算法的拼接性能。

## 1 本文图像拼接算法

本文设计的基于图像特征点模型概率与匹配的图像拼接技术过程如图 1 所示,其主要解决的难点:1)特征点较少且不明显时的准确检测与配对。2)相邻图像重叠部分少。主要包含了:基于图像特征单应性与焦距旋转矩阵参数,实现特征点检测;基于随机抽样一致性算法的特征点匹配;基于内点和离散点概率的图像拼接。

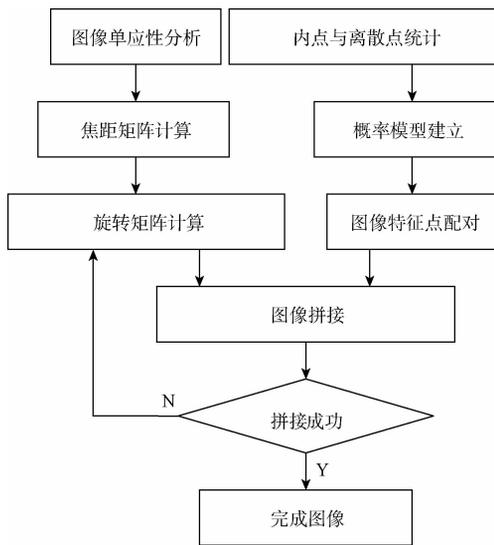


图 1 本文图像拼接算法过程

如图 2 所示,为两幅待拼接图像,带有条码的工业工件图像,可见图像内容单一,且少量特征点仅存在码制角点上,为后续拼接带来了障碍,本研究以此类图像作为拼接研究背景,后文展开分析与实验。本研究图像拼接步骤:

- 1) 寻找合适特征,在图像集中可靠地匹配这些特征获取相对位置。
- 2) 开发几何结构,寻找对旋转、尺度及光照不变的可靠特征。
- 3) 用 RANSAC 算法匹配图像,并用概率模型进行验证。

### 1.1 基于图像单应性的特征点检测

相机的缺陷之一是其有限的视场(FOV),视场是一种

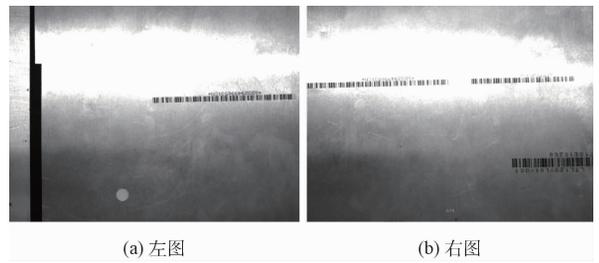


图 2 待拼接图像

规定相机一帧可以获得多少信息的参数,所以为了获取一幅视场更大的图像,需用图像拼接技术连接多幅图像组成一幅更大图像,而大图像包含的信息与原图像一致。

首先在图像中寻找并匹配 SIFT 特征,获得与每个特征点相关的尺度与方向,基于这些细节信息构造相似不变性矩阵,并对计算过程做合适度量<sup>[5]</sup>。通过在方向直方图中累积局部梯度以获取这样一幅图像,边缘可以做微小平移而不影响描述子的值,从而形成较小程度的仿射和平移不变性。通过梯度消除偏置项,以及归一化描述子向量消除补偿项,从而获得光照不变性<sup>[6]</sup>。

相机只沿光心旋转,定义三主轴  $x, y, z$  的旋转分别为  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 。 $f$  代表焦距,得成对的单应性:

$$\bar{u}_i = H_{ij} \bar{u}_j \quad (1)$$

$\bar{u}_i, \bar{u}_j$  代表单应图像位置,如式(2):

$$\bar{u}_i = s_j [u_i, 1] \quad (2)$$

$u_i$  代表二维空间的图像位置,  $H_{ij}$  代表单应矩阵,如下式:

$$H_{ij} = k R_i R_j k_j^{-1} \quad (3)$$

其中,  $K_i, R_i$  代表焦距矩阵和旋转矩阵的计算模型为:

$$K_i = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$R_i = e^{[\theta_i]}, \quad \begin{cases} [\theta_i]_x = \begin{bmatrix} 0 \\ \theta_{i3} \\ -\theta_{i2} \end{bmatrix} \end{cases} \quad (5)$$

式中:  $R_i$  表示与所描述旋转指数形式一致,考虑了微小位置变化,结合模型(1)~模型(2),可得到如下结果:

$$\begin{cases} \bar{u}_i = A_{ij} \bar{u}_j \\ A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ 0 \end{bmatrix} \end{cases} \quad (6)$$

其中,  $A_{ij}$  是经过计算线性单应性得到的仿射变换<sup>[7]</sup>。

在图像中检测到特征后,需将它们匹配起来,找出它们之间的相对排列,为此,在特征空间中使用 K-最近邻匹配相互覆盖的特征,从而获得重叠特征。以图 2(a)、图 2(b)为例,利用本文特征点检测机制对其处理,结果见图 3(a)、

图3(b)所示,图2中两帧图像的特征点被准确检测出来,见图中的圆圈标注。



(a) 左图特征点检测结果



(b) 右图特征点检测结果

图3 待拼接图像的特征点检测结果

### 1.2 特征点匹配与拼接

获得特征之间的匹配关系后,接下来,需要获得匹配图像来组合全景图像。首先寻找相邻图像,估计两幅相容图像的单应性,以及为相同图像找内点集,基于RANSAC算法与概率模型估计图像之间的匹配。RANSAC算法是随机抽样一致性算法,利用一小部分随机选取的图像匹配关系来估计图像变换参数<sup>[8]</sup>。内点指在指定的对象像素差值范围内,其线性射影与单应性  $H$  一致的特征。

根据获得的特征匹配集合,和一些重叠区域内但不匹配的特征,利用概率模型会验证获得的内点和离群点能产生有效的图像匹配,特征匹配的概率服从独立的伯努利试验<sup>[9]</sup>,由此得到如下两式:

$$\begin{cases} p(f^{1:n} | m = 1) = B(n_i; n, p_1) \\ p(f^{1:n} | m = 0) = B(n_i; n, p_0) \end{cases} \quad (7)$$

式中:  $n$  代表出现在重叠区域的特征总数,  $n_i$  代表内点总数,  $m$  代表两幅图像是否已经被正确匹配,  $p_1$  代表正确图像匹配时,特征为内点概率;  $p_0$  代表正确图像匹配时,特征为离群点概率  $f^{1:n}$  特征匹配的集合,  $B$  表示二项分布:

$$B(x; n, p) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x (1-p)^{n-x} \quad (8)$$

在本研究中  $p_1$ 、 $p_0$  分别设置为 0.6 和 0.1,利用贝叶斯<sup>[10]</sup>计算一组图像匹配有效概率为:

$$p(m = 1 | f^{1:n}) = \frac{p(f^{1:n} | m = 1)p(m = 1)}{p(f^{1:n})} \quad (9)$$

当上式值大于某个预设定的最小概率时,一组图像匹配被认为有效。本研究中当下式满足时,该匹配被接受,否则拒绝。

$$n > 8 + 0.3n \quad (10)$$

达到以上条件时,图像匹配效果最佳。经过本节的特征点配对处理结果如图4所示,可见配对准确。拼接效果如图5所示,以条码对接是否准确为判断基准,可见本研究拼接准确。

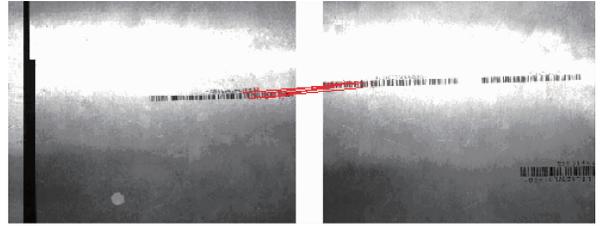


图4 特征点配对结果

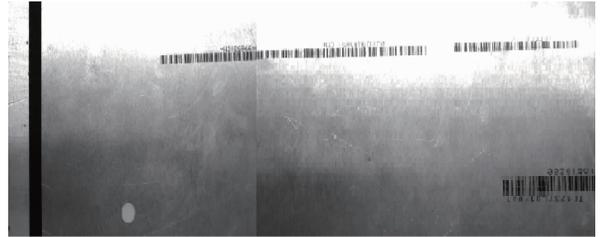


图5 图像拼接结果

## 2 实验与讨论

本文拼接技术结合特征点检测与匹配实现,而传统方式依靠普通大量特征点检出与欧式距离分类匹配,参考文献<sup>[3]</sup>、文献<sup>[4]</sup>,将当前拼接性能较好的技术方法设为对照组,并基于VS2015平台开发实现,算法实验参数如:单应矩阵为 $[46, 57; 85, 92]$ 。

待拼接的两帧图像如图6所示,少量特征集中在条码区域。本文首先进行图像单应性分析,完成焦距与旋转矩阵计算,达到特征点检测与匹配的目的,如图7所示。然后利用随机抽样一致性算法,建立内点和离群点的模型概率,达到图像匹配最佳效果的目的,完成图像拼接,如图8所示。综合分析可见,本文开发的拼接算法准确对接了条码区域(条码区域对接是否正确作为拼接判断基准)。

而利用对照组文献<sup>[3]</sup>技术处理图6时,这种技术未充分考虑特征点较少的情况。在针对图像内容简单的拼接时,往往不能准确拼接。如图9所示,特征点检出不充足,且存在错误配对,如图10所示,拼接效果不如本研究理想,条码存在偏离。

而利用对照组文献<sup>[4]</sup>技术处理图6时,这种技术未充分考虑相似区域较少的情况。在针对图像相似区域较少的



图 6 待拼接原图

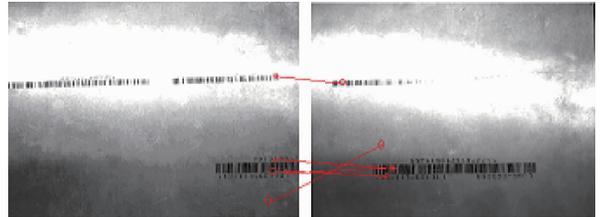


图 11 文献[4]特征点检测配对结果

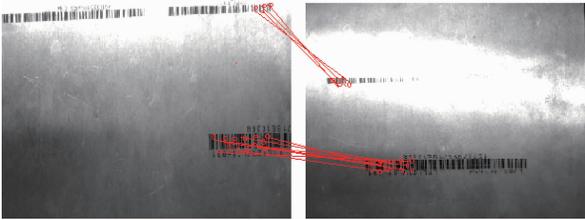


图 7 本研究特征点检测配对结果



图 12 文献[4]拼接结果

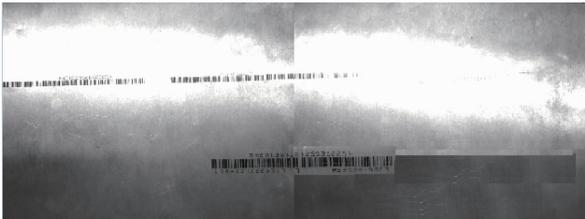


图 8 本研究拼接结果

拼接时,往往不能准确拼接。如图 11 所示,特征点检出不足,且存在错误配对,如图 12 所示,拼接效果不如本研究理想,条码存在断开。

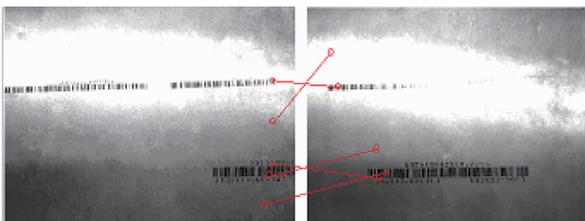


图 9 文献[3]特征点检测配对结果



图 10 文献[3]拼接结果

### 3 结 论

本文提出了基于特征点检测与模型概率匹配的图像拼接算法。分别实现单应矩阵计算、焦距矩阵计算、旋转矩阵计算和内点集分类,达到图像拼接的目的,克服图像相邻内容少、内容单一的处理障碍。基于随机抽样一致性算法,完成特征点匹配;基于伯努利分布特性,建立内点和离群点的模型概率,剔除错误匹配点,准确完成图像拼接。实验数据表明:面对多目标与复杂干扰条件下,所提拼接技术具有较高的拼接质量与鲁棒性。

### 参 考 文 献

- [1] YIN J J, CHENG G J, LIU N. Rock core thin section image stitching based on SIFT features[J]. *Advanced Materials Research*, 2014, 38(7): 398-401.
- [2] WANG SH, CHEN L M. Revising algorithm for pathology image stitching [J]. *International Journal of Engineering and Manufacturing*, 2012, 21(3): 107-110.
- [3] 邹承明. 基于几何学图像配准的 SIFT 图像拼接算法[J]. *华中科技大学学报*, 2015, 41(5): 216-219.
- [4] 李玉峰. 基于区域分块与尺度不变特征变换的图像拼接算法 [J]. *光学精密工程*, 2015, 24(13): 127-129.
- [5] OLGUM M, ONARCAN A O, SEZER O, et al. Wheat grain classification by using dense SIFT features with SVM classifier [J]. *Computers & Electronics in Agriculture*, 2016, 122(C): 185-190.

(下转第 149 页)