

一种改进的 Harris 与 SIFT 算子结合的图像配准算法

尚明姝,王克朝

(哈尔滨学院 信息工程学院,黑龙江 哈尔滨 150080)

摘 要: 针对 SIFT 算法提取的特征点过多,运算量大的问题,提出一种 Harris 和 SIFT 算子相结合的图像配准算法,首先应用 Harris 算子提取特征点,然后删除质量较差的特征点;再为其余特征点分配 SIFT 特征向量并匹配特征点;然后利用投票策略提纯匹配点;最后使用 PROSAC 改进算法估算变换模型.实验验证了本算法性能.

关键词: 图像配准;Harris 算子;SIFT;PROSAC

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2018)06-0132-03

Advanced Image Registration Method Based on Harris and SIFT Algorithm

SHANG Ming-shu, WANG Ke-chao

(School of Information Engineering, Harbin Institute, Harbin 15008, China)

Abstract: Considering the redundant feature points, high computational complexity in image mosaic method based on scale invariant feature transform (SIFT) algorithm, an advanced image registration method is proposed. At first it uses Harris to extract the feature points from two images. The feature points of low quality are canceled. Then SIFT descriptor is utilized to characterize and match those feature points. The voting strategy based on corners' constraint relations is used to delete mismatching points. The advanced PROSAC algorithm is used to compute the transform matrix between the two images. The experiments verify the algorithm's efficiency.

Key words: image registration; Harris operator; SIFT; PROSAC

1 引言

图像拼接是指把具有重叠区域的两幅或多幅图像拼接成一幅宽视野、无接缝、高分辨率图像的技术.它广泛应用于航空图像、视频监控、医学图像、军事图像和遥感图像的处理以及虚拟现实等方面.图像配准是图像拼接技术的核心,其目的在于对准图像序列上重叠部分的坐标点,以得到一副较大的新视图.在基于特征点的图像配准中,1988 年 Chris 提出 Harris 兴趣点检测算法^[1],该方法实现了提取出的特征点具有平移和旋转不变性,对参数变化、噪声、图像变换和光照变化等有较好的鲁棒性.但对图像尺度变化敏感,不具有特征不变性的特性. SIFT (Scale Invariant Feature

Transform)算法^[2]对图像平移、旋转、缩放、甚至仿射变换均保持不变性.但 SIFT 算法提取的特征点过多,导致计算量大,效率低.将 Harris 与 SIFT 算法结合使用是目前研究的热点.冯政寿^[3]提出对提取出的 Harris 特征点用同心圆形窗口的 64 维向量表示,减少计算量.黄友文^[4]提出先提取 SIFT 特征点再检测特征点是否也是 Harris 角点,为符合条件的特征点建立 SIFT 特征描述符、分配方向.许佳佳^[5]提出利用多尺度 Harris 算子检测特征点,采用 Forstner 算法定位角点,再利用 SIFT 算法来描述特征并匹配.

本文提出一种改进的 Harris 与 SIFT 算子相结合的图像配准算法.

收稿日期: 2017-09-06; **修回日期:** 2017-10-11

基金项目: 哈尔滨市科技创新人才项目(2016RAQXJ013)

2 特征点提取与匹配

首先利用算法简单、运算量小的 Harris 算法提取特征点,然后检查特征点的质量:是否是边缘点和特征点所包含信息量的多少,去除质量较差的特征点.对保留下来的质量较好的特征点利用 SIFT 算法的特征描述来建立特征向量并匹配.

算法步骤:

(1)利用 Harris 算法对待配准的两幅图像提取特征点

$$H(x, y) = \begin{bmatrix} (\partial I / \partial x)^2 & (\partial I / \partial x)(\partial I / \partial y) \\ (\partial I / \partial x)(\partial I / \partial y) & (\partial I / \partial y)^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

首先计算图像的每个像素点在 X 方向、Y 方向的二阶偏导数和在 XY 方向的导数,形成 Hessian 矩阵^[6].

$$M(x, y) = \text{Det}(H(x, y)) - k \cdot (\text{Tr}(H(x, y)))^2 \quad (2)$$

式中, $\text{Tr}(H)$ 为矩阵 H 的迹; $\text{Det}(H)$ 为矩阵 H 的行列式值; $k = 0.04$, 函数的局部极大值点即为特征点.

(2) 去除边缘点

$$\frac{\text{tr}(H(x, y))^2}{\text{Det}(H(x, y))^2} < \frac{(r+1)^2}{r} \quad (3)$$

式中, $r = 10$, 不满足公式(3)的点即为边缘点^[7], 应被去除.

(3) 删除信息含量较低的特征点

图像熵值^[8]的大小反映了图像携带信息量的多少,熵值较大的特征点比熵值较小的特征点能正确匹配的可能性要高.

因此,去除熵值过低的特征点,即减少信息含量低的特征点,可减少无谓的运算,进一步提高算法性能.

$$p_{i,j} = f(i, j) / N^2 \quad (4)$$

$$H_f = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m p_{i,j} (1 - p_{i,j}) \quad (5)$$

分别对图像 I_1, I_2 中所有初步检测出的特征点,利用公式(5)在以特征点为中心的 $m \times m$ 邻域内计算图像块的局部熵.删除图像 I_1, I_2 中熵值低于阈值的特征点.

(4) 采用 SIFT 算法建立特征向量

首先为图像建立高斯尺度空间.以特征点为中心取 16×16 的窗口,形成 4×4 个种子点,每个种子点对应一个 4×4 像素的区域,在该区域内分别计算

8 个方向的梯度累加值,得到 8 个方向的直方图.由 16 个种子点可获得一个 128 维的特征描述向量^[9].

(5) 特征匹配

利用欧氏距离衡量特征向量间的相似性,即比较最邻近与次邻近的欧氏距离间的比值是否小于比例阈值,决定是否接受这一对匹配点.本文采用优先 $k-d$ 树快速搜索算法寻找特征点的最近邻和次近邻.

3 利用投票策略提纯匹配点

由特征点约束关系^[10]可知,若 (X_i, X'_i) 是一对正确匹配点,则它们的角点值应大致相同,所对应局域熵的差值应在一定范围之内.同时在以 X_i, X'_i 为中心,半径为 R 的圆形邻域内可找到很多具有以上相似性的匹配点,并且匹配点间的距离相等.

假设 (X_i, X'_i) 为图像 I_1, I_2 的一对匹配点, $N(X_i), N(X'_i)$ 为分别以 X_i, X'_i 为中心, R 为半径的圆形邻域.

算法步骤:

(1) 在图像 I_1, I_2 中任选一个尚未选中的匹配点 (X_i, X'_i) , 计算 (X_i, X'_i) 局域熵的差值,如果二者差值小于阈值则保留此匹配点并计算对应的欧式距离 $h = \sqrt{(x_i - x'_i)^2 + (y_i - y'_i)^2}$. 否则删除此匹配点并转步骤(3).

(2) 在 $N(X_i), N(X'_i)$ 中任选一个尚未选中的匹配点 (X_{ij}, X'_{ij}) , 若二者局域熵的差值小于阈值则保留此匹配点, 计算对应的欧式距离 $h_{ij} = \sqrt{(x_{ij} - x'_{ij})^2 + (y_{ij} - y'_{ij})^2}$, 计算 h_{ij} 与 h 之差, 差值小于阈值的匹配点则可看作投票支持者. 重复步骤(2)直至 $N(X_i), N(X'_i)$ 中所有的匹配点都已被选择过了.

(3) 重复以上步骤(1)、(2)直至图像 I_1, I_2 中所有的匹配点都已被选择过了.

(4) 支持者超过一定数量的匹配点可认为是正确匹配点.

4 图像变换模型

二幅图像间的平移、旋转和由相机旋转引起的变形,可用仿射变换模型^[11]描述.

$$\begin{bmatrix} x'_i \\ y'_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_0 & n_1 & n_2 \\ n_3 & n_4 & n_5 \\ n_6 & n_7 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

式中, (x'_i, y'_i) 为图像 I_2 上的点; (x_i, y_i) 为图像 I_1 上

与 (x'_i, y'_i) 对应的点.

$$\begin{cases} x'_i = \frac{n_0 x_i + n_3 y_i + n_6}{n_2 x_i + n_5 y_i + n_8} \\ y'_i = \frac{n_1 x_i + n_4 y_i + n_7}{n_2 x_i + n_5 y_i + n_8} \end{cases} \quad (7)$$

4 对匹配点可得 8 个方程,即可解得变换矩阵 N ,把图像 I_1, I_2 对应起来.

5 PROSAC 改进算法估算变换模型

PROSAC 算法^[12]从质量较好的数据集合中抽样,首先按某种算法对样本点排序,优先抽取质量高的样本点,若不满足算法的结束条件则继续抽样,直至满足结束条件为止^[13-15]. 本文优先选取局域熵的差值最小的匹配点,熵差越小的匹配点是内点的可能越大.

算法步骤:

- (1) 将所有的匹配点所对应的局域熵的差值按从小到大排序;
- (2) 由抽样次数 t 决定样本集和 w 样本量 n ;
- (3) 从 w 中取 3 对匹配点,与第 n 对匹配点组成一个样本,利用公式(7) 计算变换矩阵 N ;
- (4) 对所有的匹配点计算变换误差是否小于阈值即 $\| Nx - x' \|^2 \leq \epsilon$,满足上式即为内点;
- (5) 重复(3)、(4) 遍历 w ,直至满足算法结束条件.

算法结束条件:

- (1) 所得到的内点数比例超过阈值.
- (2) K 次抽样后,内点数目接近,没有明显变化,变换误差和也没有明显变小.

6 实验

为验证本算法的效果,对二幅有明显特征的 384×288 的 24 位 RGB 图像进行特征匹配实验,如图 1 所示. 实验环境:CPU 为 Intel Core i5-3337U,2GB 内存,操作系统为 64 位 Windows10,编程工具为 Visual C++、OpenCV4. 8. 实验数据:局域熵阈值为 5. 5,圆形邻域半径 R 为 35 pixel,距离阈值为 4. 5pixel. 图 2 为特征点匹配结果图. 图像 2(a)为利用 SIFT 算法提取特征点的匹配情况,在特征不明显的区域有不少误匹配. 图像 2 (b)为采用本文所提算法的特征点匹配情况,在特征明显的区域特征点分布均匀,特征不明显的区域很少有特征点,减少了特征点数量,提高了匹配正确率.

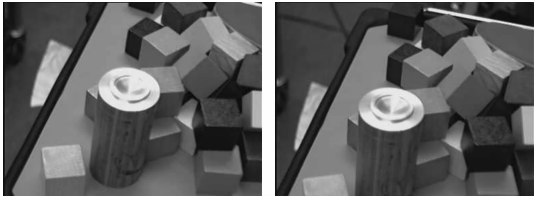


图 1 实验图片



(a)SIFT特征匹配结果



(b)本文算法匹配结果

图 2 匹配结果比较图像

7 结束语

本文提出了一种改进的 Harris 和 SIFT 相结合的图像配准算法,首先应用 Harris 算子提取特征点,并删除质量不好的特征点,减少特征点数量,再应用 SIFT 算子为保留的特征点分配特征向量并进行匹配. 利用投票策略提纯匹配点. 最后使用 PROSAC 改进算法估算变换模型. 实验验证了本文提出的算法取得了良好的效果.

参考文献:

[1] C. G. Harris, M. Stephens. A combined corner and edge detector, proceedings of the 4th Alvey Vision Conference, Manchester, 1988. 147-151.

[2] LOWE D G. Distinctive Image Features From Scale-Invariant Keypoints[J]. International Journal of Computer Vision,2004, 60(2): 91-110.

[3] 冯政寿,王美清. 基于 Harris 与改进 SIFT 算法的图像配准算法[J]. 福州大学学报(自然科学版),2012,40 (2):176-180.

[4] 黄友文,黄雅兰. 一种基于 Harris 与 SIFT 算子结合的商标搜索方法[J]. 电视技术,2014,38(3):35-38.

[5] 许佳佳. 结合 Harris 与 SIFT 算子的图像快速配准算法[J]. 中国光学,2015,8(4):574-581.

综上所述,本文算法比 BA 与 MFBA 算法具有更高的收敛可靠性、更高的收敛精度及更快的收敛速度,相比于参考文献中的算法也具有更高的寻优精度.

6 结束语

本文在 BA 算法的基础上,利用收缩因子平衡蝙蝠算法中局部和全局搜索,提出了一种改进的自适应混合型蝙蝠算法,同时简化了位置计算公式.实验对比分析说明,改进后的 YSBA 算法在求解精度、全局寻优上都要优于 BA 算法和 MFBA 算法,这在很大程度上避免了陷入局部最优,具有较强的全局搜索能力.但是由于随机位置的不确定性,实验的最差值不是特别理想,因此如何选择合适参数,优化最差位置的值,将是下一步研究的内容.

参考文献:

[1] Yang X-S. A new metaheuristic bat-inspired algorithm. Nature inspired cooperative strategies for optimization [M]. Berlin:Springer, 2010: 65-74.

[2] 徐华,张庭,包哲人,等. 求解柔性作业车间调度问题的改进蝙蝠算法[J]. 信息与控制,2016,45(6): 722-728.

[6] 周峰,刘辉,李超峰. SIFT 算法在图像配准中的应用[J]. 办公自动化,2009,168(9):40-41.

[7] 李永明. 基于 Hessian 矩阵的边缘检测方法[J]. 激光,2014,35(5):27-33.

[8] 冉秋,袁超. 引入 Hessian 矩阵尺度极值检测的图像角度特征匹配[J]. 科技通报,2014,30(8):86-88.

[9] 刘影,陆安江,张正平. 基于曲线拟合的 SIFT 特征精确定位算法[J]. 通信技术,2013,46(1):92-94.

[10] 王琰,丁明明. 基于熵的柱面全景图拼接算法及其鲁棒性分析[J]. 小型微型计算机系统,2007,28(1): 148-150.

[11] 丁湘楠. 基于 LDA 的 SIFT 算法在遥感图像配准中的研究与应用[D]. 江苏,江苏科技大学,2014.

[12] 庄志国,孙惠军,董继扬等. 基于角点检测的图像匹配算法及其在图像拼接中的应用[J]. 厦门大学学报,2007,46(4):501-505.

[3] GolmaryamiM, SalehS, ArdekaniA, et al. A new modified bat algorithm to solve optimal management of multi-objective reconfiguration problem[J]. Journal Of Intelligent & Fuzzy Systems, 2014, 27 (3): 1567-1573.

[4] Gandomi, A, Yang, X, Alavi, A, et al. Bat algorithm for constrained optimization tasks[J]. Neural Computing & Applications, 2013,22(6): 1239-1255.

[5] 张勇凯,李芳,包晓晓. 改进蝙蝠算法在云制造供应链中的应用[J]. 数学理论与应用,2015,5(2):83-94.

[6] Clerc M, Kennedy J. The Particle swarm-explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space[J]. IEEE Transactions on Evolutionary Comput7tion, 2002, 6(1):58-73.

[7] 王文,王勇,王晓伟. 采用机动飞行的蝙蝠算法[J]. 计算机应用研究,2014,31(10):2962-2964.

作者简介:

杜艳艳 女,(1993-),硕士研究生. 研究方向为群智能算法、计算机应用.

刘升(通信作者) 男,(1966-),博士,教授. 研究方向为计算机应用、智能计算、人工智能.

E-mail:845714323@qq. com.

(上接第 134 页)

[13] Richard Szeliski. Video mosaics for virtual environments[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 1996, 16(2): 22-30.

[14] Richard Hartley, Andrew Zisserman. Multiple View Geometry in Computer Vision [M]. Cambridge : Cambridge University Press , 2003,23-150.

[15] Brandt S. Maximum Likelihood Robust Regression with Known and Unknown Residual Models[C]// Proceedings of the ECCV Copenhagen, [S. L.]:2002;97-102.

作者简介:

尚明珠 女,(1977-),硕士,实验师. 研究方向为图像处理、计算机视觉. E-mail:shj417@163. com.

王克朝 男,(1980-),博士,副教授. 研究方向为图像处理、软件工程.