

基于改进 SIFT 特征匹配的快速图像拼接算法

尚明姝

(哈尔滨学院 工学院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘 要: 针对经典 SIFT 算法存在特征点冗余、运算量大、鲁棒性差的问题, 提出一种快速、准确的图像拼接算法. 在 SIFT 提取不变特征向量过程中加入多尺度 Harris 检测算子, 筛选出更能代表图像信息的特征点. 利用快速 RANSAC 算法(PERANSANC)计算图像之间的变换矩阵. 把检测到的特征点作为图像中的运动目标, 运用 KLT 跟踪算法, 确定特征点的精确位置, 精炼变换矩阵. 实验验证了该算法的稳健性和快速性.

关键词: SIFT 算法; 变换矩阵; PERANSANC 算法; KLT 跟踪算法

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)01-0064-04

A Fast Image Mosaic Algorithm Based on Improved SIFT Feature Matching

SHANG Ming-shu

(School of Technology, Harbin Institute, Harbin 150080, China)

Abstract: Considering the redundant feature points, high computational complexity, low robustness in image mosaic method based on scale invariant feature transform (SIFT) algorithm, a steady and fast image mosaic algorithm is proposed. This paper introduces Harris corner operator into the process of extracting feature points based on SIFT algorithm. The improved SIFT algorithm picks out Harris corners from the SIFT feature points when checking them in multi-scale space, chooses feature points that stand for image information. PERANSANC algorithm is used to compute the homography matrix between the two images. Then the detected corners are regarded as moving objects in the images, located accurately by the KLT track algorithm and the homography matrix is refined. The experiments verify the algorithm's efficiency and robustness.

Key words: scale invariant feature transform; homography matrix; PERANSANC; KLT track algorithm

1 引言

图像拼接是指将有重叠部分的同一场景的照片序列合成一张宽视角图像, 要最大限度地接近真实场景. 图像拼接技术可以剔除冗余信息, 压缩信息存储量, 从而更加有效地表示信息.

在不考虑图像尺度变化的条件下, Harris 检测算子^[1]对图像的旋转、视角变化及图像噪声比其他检测算子更具稳定性. 但不适用于尺度变化较大的图像. SIFT 算法^[2]虽对图像旋转、噪声影响、光照变化具有较强的鲁棒性, 能够实时地检测出丰富的特征点. 但算法存在计算量大, 配准时间较长, 占用系

统资源过多的问题. 虽然现已有 Harris 与 SIFT 相结合的图像匹配方法^[3].

D. Lowe 于 2004 年提出一种基于尺度空间的, 对图像缩放、旋转甚至仿射变换保持不变性的图像局部特征描述算子——SIFT 算子^[4], 全称 Scale Invariant Feature Transform, 即尺度不变特征变换. SIFT 算法首先在尺度空间进行特征检测, 确定特征点的位置和所在尺度, 然后用特征点邻域梯度的主方向作为该点的方向, 以实现算子对尺度和方向的无关性.

SIFI 算法主要分为以下几个部分:

(1) 构建尺度空间、检测极值, 初步确定特征点

收稿日期: 2013-03-23; 修回日期: 2013-05-13

基金项目: 黑龙江省高等教育学会“十二五”教育科学研究规划课题(HGJXH B1110957)

位置和所在尺度。

(2)通过函数插值精确确定特征点的位置、尺度,同时去除低对比度的特征点和易产生边缘响应的特征点。

(3)利用特征点邻域像素的梯度大小及方向为特征点指定主方向,实现算子对尺度和方向无关。

(4)利用特征点邻域像素梯度信息生成 128 维特征向量,建立图像特征描述符。

(5)用特征向量的欧式距离作为两幅图像中特征点的相似性判定度量,匹配 SIFT 特征向量。

该方法计算简单,匹配效率高,但无法适应尺度变化。针对以上算法存在的不足,本文提出以下改进:(1)在 SIFT 提取不变特征向量的过程中加入多尺度 Harris 检测算子,筛选出更能代表图像信息的特征点。(2)利用 PERANSANC 算法剔除错误匹配点并计算变换矩阵。(3)运用 KLT 跟踪算法确定角点的精确位置,得到精确的变换矩阵。

2 改进的 SIFT 算法

虽然 SIFT 算法有很多优点,但需搜索图像多个尺度空间,生成大量的特征点,用 128 维向量描述每个特征点并作直方图加权运算,配准时间较长。同时大量 SIFT 特征点中还存留不稳定的点,降低配准精度。基于以上问题,本文提出对 SIFT 算法的改进:由于 SIFT 特征点是基于特征点邻域像素梯度变化确定的,梯度变化大则特征点独特性好,包含更多图像信息,而 Harris 角点在邻域窗口内具有显著梯度变化。因此本文将两种算子结合使用,在多尺度空间检测特征点的同时,对这些特征点进行 Harris 角点提取,筛选出更能代表图像信息的特征点,减少对特征点进行向量描述的计算量。

具体算法如下:

(1)利用 SIFT 算法提取出参考图像和待配准图像上的特征点。

(2)通过对每个特征点建立一个 2×2 的 Hessian 矩阵判断该特征点是否为边缘响应点,如果是边缘响应点则剔除此特征点。

(3)对尺度空间中每个特征点再进行一次 Harris 角点检测,判断各个极值点周围的邻域内是否存在显著的角点,如果存在角点,则保留该点作为特征点,否则去除该点。由于已计算过 Hessian 矩阵行列式的值和矩阵的迹,对尺度空间中每个特征点再进行一次 Harris 角点检测时就不用重复计算了。

$$M_H(x, \delta_1, \delta_s) = e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\delta_1^2}} \otimes$$

$$\begin{bmatrix} I_x^2(x, \delta_s) & I_x I_y(x, \delta_s) \\ I_x I_y(x, \delta_s) & I_y^2(x, \delta_s) \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, δ_s 是每个特征点所在尺度空间的尺度, δ_l 为卷积分的尺度。

角点响应函数为

$$R = \det(M_H) - k \cdot \text{trace}^2(M_H) \quad (2)$$

对 R 进行判断,如果是 Harris 角点,那么保留此特征点,否则剔除此点。

(4)对筛选出的特征点指定方向,进行 SIFT 特征描述,建立 SIFT 特征向量。

(5)用特征点的特征向量的欧式距离作为两幅图像中特征点的相似性判定度量,匹配 SIFT 特征向量。

改进的 SIFT 算法通过进一步对特征点筛选,减少了特征点数量,增强了特征点独特性。同时由于特征点大量减少,大大减小了对特征点梯度直方图加权的运算量,提高了算法效率。

3 图像间变换矩阵的鲁棒性求解

3.1 图像变换模型

当二幅图像间存在平移、旋转和由于相机旋转造成变形的情况,可用仿射变换模型描述图像间的变换关系:

$$\begin{bmatrix} x'_i \\ y'_i \\ w'_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_0 & h_1 & h_2 \\ h_3 & h_4 & h_5 \\ h_6 & h_7 & h_8 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ w_i \end{bmatrix} \quad (3)$$

或向量形式:

$$\mathbf{X}'_i = \mathbf{H} \mathbf{X}_i \quad (4)$$

变换矩阵 $\mathbf{H}$ 有 8 个自由度,理论上选择 4 对匹配点就可以估算出 $\mathbf{H}$ 。假设 4 对匹配点都是正确的匹配点,则计算出的变换矩阵与实际的变换矩阵会很接近,否则会有很大差异。

3.2 用 PERANSANC 算法过滤匹配点,估算变换矩阵

受噪声的影响,用上述算法得到的匹配点中很可能存在误匹配,误匹配对变换矩阵的求解影响很大,必须采用一种鲁棒的估算算法对匹配点求精,剔除误匹配点。本文采用快速 RANSAC (preview model parameters evaluation RANSAC, PERANSAC) 算法^[5-6]对匹配点求精并计算变换矩阵。

算法思想:

首先用能计算出变换矩阵的最少点数计算变换矩阵,随机抽取少量匹配点对变换矩阵进行预检验,若此变换矩阵通过预检验,则像 RANSAC 算法一

样利用全部匹配点对此变换矩阵检验内点,否则抛弃此变换矩阵.最后选出具有最大内点数的变换矩阵,利用全部内点重新确定参数,得到一个最优解.算法虽增加了抽样数量,但大部分变换矩阵都受误匹配点的影响,无法通过预检验,被过滤掉了. PERANSANC 算法在和 RANSAC 算法具有一样的置信度的前提下,大大减少了计算量,提高了算法的整体效率.

算法步骤:

(1) 根据预先设定的通过概率来计算需要选择的抽样样本数 M ;

(2) 从匹配点序列中随机抽取一个样本即 4 对匹配点,根据式(3) 计算对应的变换矩阵 H ;

(3) 从匹配点序列中随机选择 15 对匹配点,对变换矩阵 H 进行预检验,检测这 15 个数据是否为 H 的内点. 即 $\|Hx - x'\|^2 \leq \epsilon$ (x 和 x' 为一对匹配点, ϵ 为设定的误差阈值) 时确定该匹配点为内点. 若内点数大于设定的阈值,则 H 通过了预检验;否则放弃 H . 重复步骤 2,直到 M 个抽样样本都检验完毕;

(4) 用全部匹配点检测通过预检验的变换矩阵 H ,获得与每个变换矩阵 H 相对应的内点数;

(5) 选取内点数最多的变换矩阵作为图像之间的变换模型初值,并利用全部内点重新计算变换矩阵.

3.3 用 KLT 算法精炼变换矩阵

PERANSAC 算法剔除了错误匹配点,但由于保留下来的匹配点的位置不一定严格对应,计算出的变换矩阵存在一定程度误差. 本文利用视频追踪 KLT 算法,修正特征点的位置.

KLT 算法^[7] 是一种基于最优估计的匹配方法,常用来追踪同一背景下的运动物体. 该方法通过对两个特征点之间的灰度差平方和最小原则进行最优估计进而得到最佳匹配位置的一种方法,它无需搜索,耗时量小,应用广泛.

算法原理:假设一运动物体在 t 时刻由图像帧 I' 和在 $t + \tau$ 时刻由图像帧 I'' 记录下来, $A(X)$ 是图像帧 I' 上的窗口, $B(X)$ 是图像帧 I'' 映射到与图像帧 I' 同一个平面上的窗口,则有如下对应关系:

$$A(X) = B(X - d) + n(X) \quad (5)$$

式中, d 为运动物体在两幅图像中的偏移量, n 为噪声.

两窗口之间的误差函数为

$$\epsilon = \iint_w [B(X - d) - A(X)]^2 w(X) dX \quad (6)$$

令 $\frac{\partial \epsilon}{\partial d} = 0$, 可得 $Zd = e$, 其中:

$$Z = \iint_w g g^T w dBr \quad (7)$$

$$e = \iint_w [B(X) - A(X)] g w dBr \quad (8)$$

g 为梯度向量, $g = [g_x, g_y]^T$, w 为常数,通常取为 1. 由此,可以计算出偏移量 d .

待配准图像用已经得到的变换矩阵映射到参考图像空间,取名为待校正图像. 此时参考图像和待校正图像的重叠部分基本相同,类似于上面的图像窗口 A 和 B . 此时在待校正图像中选取对应的特征点,在参考图像上进行跟踪,计算出参考图像中每个特征点位置的偏移量,修正参考图像上的特征点坐标,求出更精确的变换矩阵.

4 实验结果

为验证本算法效果,对两幅平移较大、特征较少的 240×320 的 24 位 RGB 图像进行实验,如图 1 所示. 实验条件: PIV2G, 1GM, VC++ 6.0, WindowsXP. SIFT 算法提取两幅图像特征点数为 169 和 186. 改进的 SIFT 算法使特征点集中在更能体现图像信息的参照物轮廓中,大量冗余的 SIFT 特征点被剔除. 改进的 SIFT 算法提取两幅图像特征点数为 75 和 68. PERANSANC 算法实验参数为: 置信概率 $P = 99\%$; 预检验抽样数 $n = 15$; 正确模型参数通过预检验概率 $P_f > 80\%$, 在和 RANSAC 算法计算精度保持一致情况下, PERANSANC 算法运算速度比 RANSAC 算法提高了 35%. 图 2 为最终的拼接效果图. 由图可见,本算法取得了理想的拼接效果.

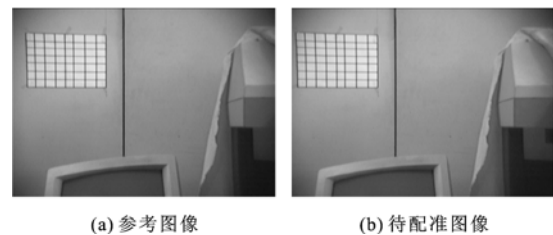


图 1 待配准的两幅图像



图 2 拼接结果图像

5 结束语

提出一种基于改进 SIFT 特征匹配的快速图像拼接算法,即在 SIFT 提取不变特征向量过程中加入多尺度 Harris 检测算子,使特征点更能体现图像中物体轮廓,减少特征点数量,提高运算速度.运用 PERANSANC 算法计算变换矩阵,可大量过滤不符合条件的模型参数,减少运行时间. KLT 跟踪算法可准确定位角点位置,得到精确的变换矩阵.实验结果表明本文所提出的算法可取得理想的图像拼接效果.

参考文献:

- [1] Harris C G, Stephens M. A combined corner and edge detector[C]// proceedings of the 4th Alvey Vision Conference. Manchester,1988:147-151.
- [2] Lowe D G. Distinctive image features from scale-in-

variant keypoints[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.

- [3] 邵巍,朱圣英.一种快速多尺度特征点匹配算法[J].中国图象图形学报,2009,12(14):2572-2576.
- [4] Brown M, Lowe D. Invariant features from interest point groups[C]// Proceedings of the 13th British Machine Vision Conference. Cardiff,2002:253-262.
- [5] 陈付幸.基于预检验的快速随机抽样一致性算法[J].软件学报,2005,16(8):431-443.
- [6] 尚明珠.基于局域熵的全自动图像拼接算法[J].微电子学与计算机,2013,30(1):65-68.
- [7] 邓荣峰,李熙莹.基于 SIFT 特征匹配的稳健图像拼接算法[J].计算机应用,2009,29(6):19-221.

作者简介:

尚明珠 女,(1977—),硕士,实验师.研究方向为图像处理与计算机视觉.

(上接第 63 页)

作者简介:



周 怡 男,(1987—),硕士.研究方向为信息安全算法的大规模数字集成电路设计与实现.



李树国 男,(1963—),教授,博士生导师.研究方向为信息安全算法的大规模数字集成电路设计与实现.