

DOI:10.15923/j.cnki.cn22-1382/t.2018.4.10

基于改进 SURF 算法的工件图像特征匹配

张 强, 韩松奇, 于微波*

(长春工业大学 电气与电子工程学院, 吉林 长春 130012)

摘 要: 基于改进 SURF 特征匹配算法在提取出两幅图像的特征向量后, 经过相似性度量进行匹配。采用 RANSAC 算法设定阈值, 将数据中不好的“外点”剔除, 提高了特征点的匹配效率。

关键词: 双目视觉; 立体匹配; RANSAC 算法

中图分类号: TP 391.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-1374(2018)04-0373-05

Improvement of SURF feature matching algorithm for workpiece image

ZHANG Qiang, HAN Songqi, YU Weibo*

(School of Electrical & Electronic Engineering, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

Abstract: Based on improved SURF feature matching algorithm, two feature-extracted images are matched with similarity. Random Sample Consensus (RANSAC) algorithm is used to set the threshold for removing the “outside point” from the data set. Experimental results show that the method improves the matching efficiency.

Key words: binocular vision; stereo matching; RANSAC algorithm.

0 引 言

在对工件进行三维测量时, 为了获取工件的三维信息, 即表面空间点的三维坐标, 关键的步骤在于特征匹配的准确性和快速性, 因此需要对特征匹配方法进行研究^[1]。

基于 SURF 特征匹配算法具有旋转不变、尺度不变等特点, 但在匹配的过程中会出现误匹配

的现象, 由于特征点集中存在着一系列潜在的误匹配点对, 即一对多或者多对一的错配点, 不仅影响着匹配的准确性, 也影响着匹配的效率^[2]。因此, 需要一种方法来完成对这些点对的去除, 以此来达到鲁棒性的目的。

1 基于 SURF 特征匹配算法

基于 SURF 特征匹配的匹配算法的基本思路是:

收稿日期: 2018-04-20

基金项目: 吉林省科技厅基金资助项目(20140204018GX)

作者简介: 张 强(1992-), 男, 汉族, 吉林长春人, 长春工业大学硕士研究生, 主要从事机器视觉检测技术方向研究, E-mail: palmchang@outlook.com. * 通讯作者: 于微波(1970-), 女, 汉族, 吉林长春人, 长春工业大学教授, 硕士, 主要从事机器视觉测量与控制技术方向研究, E-mail: yuweibo@ccut.edu.cn.

在求取 SURF 特征向量后,通过 K-D 树近似 BBF 搜索算法确定每一个特征点的两个相近邻的特征点进行距离判定,最后进行特征点的匹配^[3]。

基于 SURF 特征匹配的基本流程如图 1 所示。

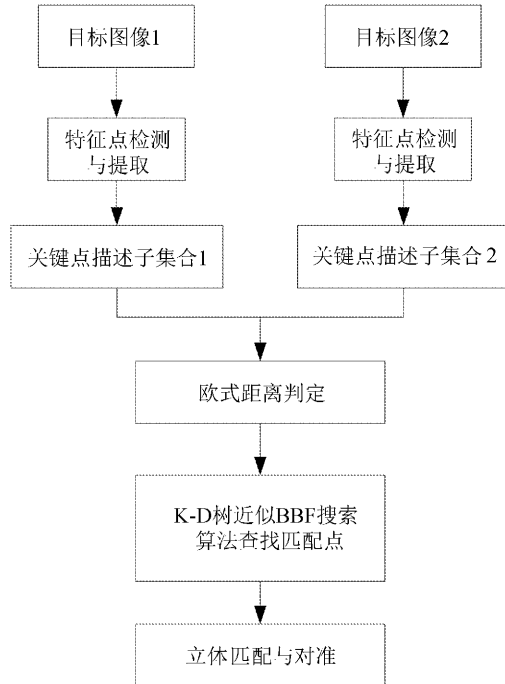


图 1 基于 SURF 特征匹配的流程框图

1.1 获取 SURF 特征向量

SURF 特征描述子在生成特征向量时,首先要进行积分图像的求取,对原图像每个像素点进行扫描,在一定的尺度空间内,采用 Hessian 检测子验证所提取到的特征点是否为极值点^[4]。如果是极大值,则保留下来,作为候选特征点,否则排除。最后为了确定全部特征点的主方向,需要形成一个窗口区域来提取特征向量。

1.1.1 求取积分图像

在原始图像中任取一点 (i, j) ,它的积分面积能够通过这一点到原点的范围里所有点的灰度值总和和计算获得:

$$ii(i, j) = \sum_{i_1 \leq i, j_1 \leq j} p(i_1, j_1) \quad (1)$$

式中: $p(i_1, j_1)$ ——点 (i, j) 的灰度值。

通过

$$\sum = A + D - (B + C)$$

计算矩形范围内的像素点灰度值总和,对原始图像每一个像素都扫描一次,最终得到了积分

图像,如图 2 所示。

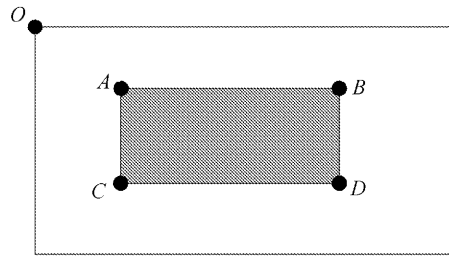


图 2 使用积分模板计算图像的面积

1.1.2 检测特征点

连续函数 $f(x, y)$ 的二阶微分 Hessian 矩阵为:

$$\mathbf{H}(f(x, y)) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \end{bmatrix} \quad (2)$$

在尺度 σ 下,点 $X = (x, y)$ 处,对应的 Hessian 矩阵。

$$\mathbf{H}(x, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x, \sigma) & L_{xy}(x, \sigma) \\ L_{xy}(x, \sigma) & L_{yy}(x, \sigma) \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中, L_{xx} 是标准高斯函数 $g(x, y, \sigma)$ 的二阶偏导数与图像在 (x, y) 位置的卷积结果,如下式:

$$L_{xx} = G(x, y, \sigma) \otimes I(x, y) \quad (4)$$

$$G(x, y, \sigma) = \frac{\partial^2 g(x, y, \sigma)}{\partial x^2} \quad (5)$$

其中, L_{yy}, L_{xy} 的计算方法相同。在某一个特定的尺度 σ 下,求取所有像素点的 Hessian 行列式值作为斑点检测响应,再使用不同大小的模板,形成多尺寸斑点响应金字塔,最后查找斑点响应的极值点。

1.1.3 构建尺度空间

首先构建一个图像金字塔,最下面的一层是大小不变的初始图像,然后分别通过不同尺寸模板对图像进行处理,形成尺度空间,模板与图像卷积计算出 Hessian 矩阵响应图像,通过非极大值抑制的方法求出不同尺度。之后计算不同尺度中的斑点响应值。若该响应值是极大值,选做初始特征点,反之清除。

1.1.4 生成 SURF 特征描述子

通过对图像所有像素点进行 Haar 小波响应运算,生成特征描述子。取 $20s \times 20s$ 的矩形区域,并将它分成 4×4 个子窗口,使用尺寸为 $2s$

的小波模板求取响应值,然后统计 $\sum dx$ 、 $\sum |dx|$ 、 $\sum dy$ 、 $\sum |dy|$,最终形成特征向量。特征描述子的表示如图3所示。

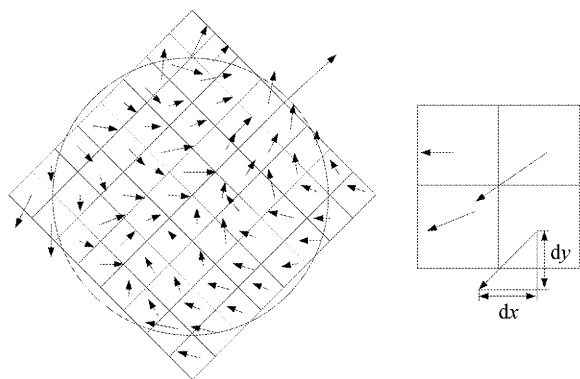


图3 特征描述子的表示

1.2 BBF 搜索算法查找匹配点

在对两图像进行特征匹配时,需要根据 K-D 树的方法来寻找距离目标查询点最为接近的特征点^[5]。

对于一个具体查询点 q ,由 K-D 树的根节点着手划分,把 q 在 i 维的值和根节点的 m 值做比较,当 $K_i(P) \leq m$ 时,使 q 和左子节点比大小,当 $K_i(P) > m$,使 q 和右子节点比大小。根据从远到近原则排序,在确定某一个叶节点与 q 点的距离之后,在序列的头部搜索到与 q 点距离最相近的 K-D 树节点,递归上述步骤,只有当叶节点的数量比 E_{\max} 大时才停止。如果叶节点数量比 E_{\max} 小时,验证后停止操作。

采用上述方法和步骤,在建立待匹配图像 SURF 关键点描述子集合之后,对 64 维的特征向量进行欧式距离判断,最后采用 K-D 树近似 BBF 算法对某一图像中的所有特征点在另一幅图像中检索相对应的匹配点。

2 基于 SURF 特征匹配算法的改进

通过相似性度量能够得到一系列潜在的匹配点对,其中包含着潜在的错配点,因此,需要一种方法来完成对这些点对剔除,以此来达到提高鲁棒性的目的。

RANSAC 算法的原理是把所有的点数据分

为“内点”和“外点”,“内点”是满足估计参数的点,“外点”是不满足估计参数的点。两幅图像的投影变换可以由以下齐次坐标表示:

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_0 & h_3 & h_6 \\ h_1 & h_4 & h_7 \\ h_2 & h_5 & h_8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_j \\ y_j \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

式中, (x_i, y_i) 是图像上的某一点, (x_j, y_j) 是待匹配图像上与 (x_i, y_i) 相对应的点,

$\begin{bmatrix} h_0 & h_3 & h_6 \\ h_1 & h_4 & h_7 \\ h_2 & h_5 & h_8 \end{bmatrix}$ 为变换矩阵 H ,有 8 个自由度,理论上至少选择 4 对特征点就可以计算出变换矩阵。

可以得到:

$$\begin{cases} x_i = \frac{h_0 x_j + h_3 y_j + h_6}{h_2 x_j + h_5 y_j + h_8} \\ y_i = \frac{h_1 x_j + h_4 y_j + h_7}{h_2 x_j + h_5 y_j + h_8} \end{cases} \quad (7)$$

1) 首先从两幅图像的 SURF 预匹配特征点数据集中取出 4 对相对应的特征点对,需要注意的是这几对特征点不在同一行,得到 H ,并且记作模型 M 。

2) 计算数据集里全部数据和模型 M 的投影误差,当计算得到的误差小于事先设定的阈值,则应该放在内点集 I 中。

3) 当内点集 I 数据数量多于最优点集 I_{best} 的时候,使 $I_{\text{best}} = I$,然后迭代的次数 k 加 1。

4) 在当前迭代的次数 k 不大于最大迭代次数的时候,继续迭代,重复 1)、2)、3),直到迭代的次数大于 k ,停止。

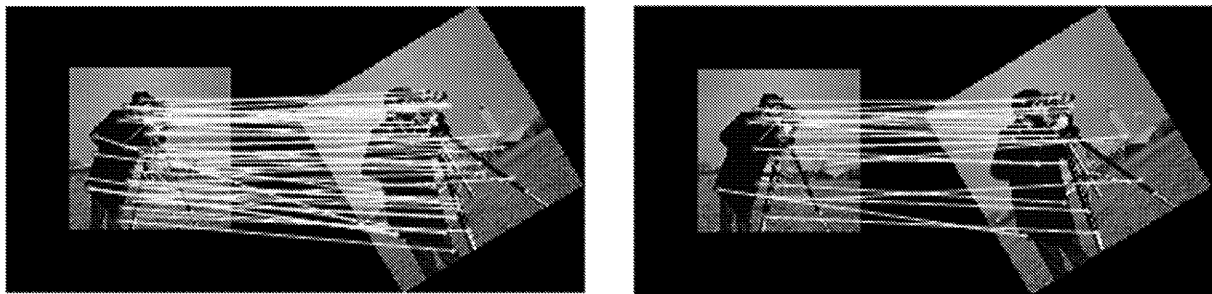
3 实验结果及分析

分别进行两组测试,对标准图像库中 cameraman 进行特征匹配实验,如图 4 所示。

对 cameraman 图像改进前后算法的匹配效果比较见表 1。

对法兰盘图像进行特征匹配的实验效果如图 5 所示。

对法兰盘图像改进前后算法的匹配效果比较见表 2。



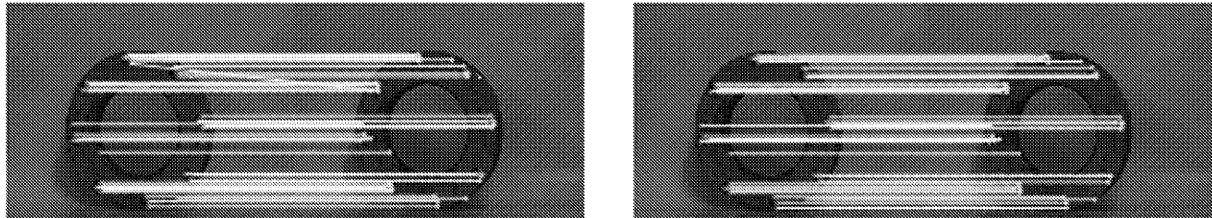
(a) 传统的基于 SURF 匹配算法

(b) 改进的基于 SURF 匹配算法

图 4 cameraman 实验效果图

表 1 对 cameraman 图像改进前后算法的匹配效果比较

算法	匹配点对数	所用时间/s	匹配效率/(对/s)
传统 SURF 匹配算法	52	2.752	18.89
改进 SURF 匹配算法	28	1.309	21.39



(a) 传统的 SURF 匹配算法

(b) 改进后的基于 SURF 匹配算法

图 5 法兰盘实验效果图

表 2 对法兰盘图像改进前后算法的匹配效果比较

算法	匹配点对数	所用时间/s	匹配效率/(对/s)
传统 SURF 匹配算法	43	2.181	19.71
改进 SURF 匹配算法	39	1.734	22.49

由表 1 和表 2 数据可知,在对 cameraman 进行匹配时,传统算法的匹配效率为 18.89 对/s,改进算法的匹配效率为 21.39 对/s,效率提高了 13.23%;在对法兰盘图像进行匹配时,传统算法的匹配效率为 19.71 对/s,改进算法的匹配效率为 22.49 对/s,效率提高了 14.1%。虽然改进后 SURF 特征匹配算法在进行匹配时,匹配点对数

有所降低,但有效地淘汰了错配点对,提高了匹配的准确性,改进的匹配算法运行所用时间更短,匹配效率更高。

4 结 语

针对基于 SURF 特征的匹配算法对工件图像进行特征点匹配时会出现误匹配的问题,文中

设计了一种改进的基于 SURF 特征的匹配算法,分别对标准图像库中的图像和双目相机获取的工件图像进行处理,实验结果表明,改进后的算法有效地减少了误匹配点的个数,提高了匹配的效率 and 准确性。

参考文献:

- [1] 王亚迪,李秀华.改进 SURF 快速图像匹配[J].长春工业大学学报,2016,37(2):141-144.
- [2] 储蓄.基于改进 SURF 算法图像匹配方法研究[D].淮南:安徽理工大学,2017.
- [3] Tong Z, Han P, Dongsheng Y. The method of vehicle type recognition based on improved SURF feature[C]// International Conference on Computer Graphics and Digital Image Processing. ACM,2017.
- [4] Panchal P M, Panchal S R, Shah S K. A comparison of SIFT and SURF[J]. International Journal of Innovative Research in Computer & Communication Engineering,2013,1(2):34-45.
- [5] 刘江,张旭,朱继文.一种基于 K-D 树优化的 ICP 三维点云配准方法[J].测绘工程,2016,25(6):15-18.
- [6] Soni B, Das P K, Thounaojam D M. Improved block-based technique using SURF and FAST keypoints matching for copy-move attack detection [C]// IEEE, Fifth International Conference on Signal Processing & Integrated Networks, SPIN. IEEE,2017.
- [7] 葛盼盼,陈强.基于 SURF 特征提取的遥感图像自动配准[J].计算机系统应用,2014,23(3):16-24.
- [8] 张志斌,赵帅领,罗锡文,等.基于 SURF 算法的绿色作物特征提取与图像匹配方法[J].农业工程学报,2015,31(14):172-178.