

基于 Harris 算子的棋盘式标定点自动提取方法

杨留君,尹 辉,罗四维
(北京交通大学 计算机学院,北京 100044)

摘 要: Harris 算子是在计算机视觉领域使用非常广泛的点特征提取算子,它算法简单,而且稳定,但当在光照、震动等复杂情况下,准确率却达不到实际应用的要求。由棋盘角点周围灰度中心对称的特征,提出了一种基于 Harris 算子改进的棋盘角点自动提取方法。实验证明,该方法可以准确地自动提取标定点,有效地提高标定的精度。

关键词: Harris 算子;对称算子;相机标定;特征角点

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)09-0040-03

Auto Calibration - Features Extraction Method Based on Harris Operator

YANG Liu-jun, YIN hui, LUO Si-wei
(Sch. of Computer Information and Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: Harris corner detector is most widely used in the field of computer vision. It is simple and stable. However, when there are the defect in the light, vibration and other complex cases, the accuracy rate is not practical application requirements. Around the corner from the chessboard gray center symmetrical features, raise a based on Harris chessboard - corner automatic extraction methods. Experiments show that it is an accurately automatic extraction method to improve the accuracy of calibration effectively.

Key words: Harris corner detector; symmetric operator; camera demarcation; feature corner

0 引 言

在计算机三维视觉测量中,通常需要利用标靶标定点的三维空间坐标及其二维图像坐标来标定相机的模型参数,其中所采用的标定点的种类及相应图像坐标的提取算法直接影响标定结果的精度与稳定性^[1]。其中棋盘式角点又是相机标定中常采用标靶标定点类型。目前特征角点检测大致可分为:一类是首先进行边缘提取,然后再进行角点提取,如 SV 法^[2];另一类直接在灰度图像中提取角特征,如 Harris 法^[3]等等。

然而由于 Harris 提取的特征角点都是图像某个局部范围内的最优特征角点,再加上由于现场测量的环境、光照等因素影响使得图像模糊,从而现场测量中 Harris 不能准确地提取标定点。同样 SV 算子角点提取也存在一些缺陷,主要是通用性差和会对一些图案产生误检。

针对上述不足,结合 Harris 算子与对称算子的思想提出了一种特征角点自动提取的新方法^[4]。算法思路为:首先利用 Harris 算子提取出一定数量的局部范围内最优特征角点,然后利用对称算子筛选 Harris 提出的特征角点,实验结果验证了算法的有效性和可靠性。

1 Harris 算子

Harris 算子是 C. Harris 和 M. J. Stephens^[5]在 1988 年提出的一种基于信号的点特征提取算子。这种算子受信号处理中自相关函数的启发,给出与自相关函数相联系的矩阵 M 。 M 矩阵的特征值是自相关函数的一阶曲率,如果两个曲率值都高,那么就认为该点是点特征。

Harris 算子的公式只涉及图像的一阶导数:

$$M = G(\vec{\sigma}) \otimes \begin{bmatrix} G_x^2 & G_x G_y \\ G_x G_y & G_y^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中,

$$G(\vec{\sigma}) = \exp \left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2} \right] \quad (2)$$

它是高斯平滑滤波器,目的是消除图像中的突兀

收稿日期:2007-12-24

基金项目:教育部高校博士学科点专项科研基金(2005000 4001)

作者简介:杨留君(1981-),男,江苏人,硕士研究生,研究方向为计算机视觉的测量;尹 辉,副教授,研究方向为计算机视觉与图像处理;罗四维,教授,研究方向为人工神经网络、机器学习、并行处理、多媒体技术等。

点,以免这些点被选为特征点。式(1)中, G_x 为灰度 x 方向的梯度, G_y 为灰度 y 方向的梯度。Harris 特征角点可以定义为下式的局部区域最大值。

$$I = \text{Det}(\mathbf{M}) - k\text{Trace}^2(\mathbf{M}), k = 0.04 \quad (3)$$

式(3)中, Det 为矩阵 \mathbf{M} 的行列式, $\text{Trace}(\mathbf{M})$ 为矩阵 \mathbf{M} 的迹, k 为默认常数。

1) 公式的意义。对于被提取灰度图像的每个像素点,计算出在横向和纵向的一阶导数平方,以及二者的乘积。从而得到3幅新图像,且3幅图像中的每个像素点对应的属性值分别代表 G_x^2 , G_y^2 和 $G_x G_y$ 。然后再对这3幅图像进行高斯滤波,计算原图像上对应的每个像素点的兴趣值。

2) 选取局部极值点。Harris 算法认为,特征点是局部范围内的极大兴趣值对应的像素点。因此在计算完各点的兴趣值后,要提取原始图像中所有局部兴趣值最大的点。实际操作中,可依次从以每个像素为中心的 3×3 的窗口中提取最大值,如果中心点像素的兴趣值就是最大值,则该点就是特征角点。

3) 根据需要提取一定数目的特征点。局部极值点的数目往往很多,可以对所有的极值点排序,根据实际要求选出兴趣值最大的若干个点作为最后的结果。

2 对称算子

由图1知各特征角点周围图像关于特征角点中心对称。有这个依据可以根据关于中心点对称的像素点的灰度值差异程度判断此点是否为特征角点。由此引出对称算子。

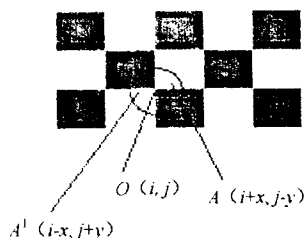


图1 中心对称示意图

如图1所示,对于某个像素 $A(i+x, j+y)$ 关于中心点 $O(i, j)$ 对称的点为 $A1(i-x, j+y)$ 。以该像素为中心的窗口记为 W ,该窗口可以是正方形或圆形,定义对称算子的兴趣值为窗口 W 中关于 $O(i, j)$ 对称的每一对像素的灰度平方差绝对值的平均值,见公式(4)。 n 为窗口 W 中的像素的总数。

$$c_s(i, j) = \left(\sum_{(i+x, j+y) \in W} |I^2(i+x, j+y) - I^2(i-x, j+y)| \right) / n \quad (4)$$

对于特征角点,对称算子响应值 c_s 较小;而对于

边界点和噪点由于不对称性,所以在边界点和噪点的对称算子响应值 c_s 较大。某像素的对称算子值即是以该像素为中心的小窗口范围内像素灰度分布的空间对称性的衡量。从而可应用于筛选出有效的特征角点。

3 算法原理与实现

第一步:首先利用 Harris 算子提取出一定数量备选的特征角点。考虑到 Harris 算子需要对整幅图像进行差分 and 滤波处理,所以程序运行时花费的时间较多。为了提高执行的速度,可以在处理大图像时,首先将图像分成若干块,在每一块中分别提取一定数量的特征点,这样处理不但可以提高速度,还可以使特征点的分布较均匀。自适应调整阈值筛选出最大可能所有有效的特征角点的最少备选特征点集合。

算法实现步骤如下:

1) 假设实际特征角点数目 N ,默认一个经验阈值 Q 筛选出 H_n 个备选特征角点。

2) 自适应 Q 使得 H_n 为可接受的备选集合,即 $H_n - N < \text{一个经验值}$ 。

第二步:根据有效特征角点的对称算子在所选窗口值最小原则,自适应迭代阈值筛选出有效的特征角点。根据实际图像,给出一个适当的窗口大小,如:以图像中角点平均距离像素点数 $1/3$ 为半径 R 的圆。

算法实现步骤如下:

1) 根据备选特征角点的坐标,对其上下左右四个方向像素点和自身求对称算子 C 的值,分别为 $C_{\text{上}}$ 、 $C_{\text{下}}$ 、 $C_{\text{左}}$ 、 $C_{\text{右}}$ 、 $C_{\text{中}}$ 。若 $C_{\text{中}} \leq \min\{C_{\text{上}}, C_{\text{下}}, C_{\text{左}}, C_{\text{右}}\}$,则此备选特征点为有效特征角点。

2) 若 $C_{\text{中}} > \min\{C_{\text{上}}, C_{\text{下}}, C_{\text{左}}, C_{\text{右}}\}$,并且窗口范围内有其他备选特征点时,则此备选特征点为无效特征角点。

3) 若 $C_{\text{中}} > \min\{C_{\text{上}}, C_{\text{下}}, C_{\text{左}}, C_{\text{右}}\}$,并且窗口范围内无其他备选特征点时,将 $\min\{C_{\text{上}}, C_{\text{下}}, C_{\text{左}}, C_{\text{右}}\}$ 作为新的 $C_{\text{中}}$,重新验证步骤(1)。

4) 假如筛选出来的有效特征角点数小于实际数,可将窗口迭代缩小,直到与实际有效特征点数相等。

4 实验结果与分析

为了验证标定点自动提取算法的有效性和准确性,在光照不均匀与对比度低的环境下所拍摄的模板模糊图像进行实验。直接用 Harris 算子提取的特征点结果,如图2所示。

但是,从结果可以看到,识别出的结果中,特别是图像内部模糊的区域仍然包含一些无效特征角点。

使用改进后的方法提取特征点结果如图3所示,

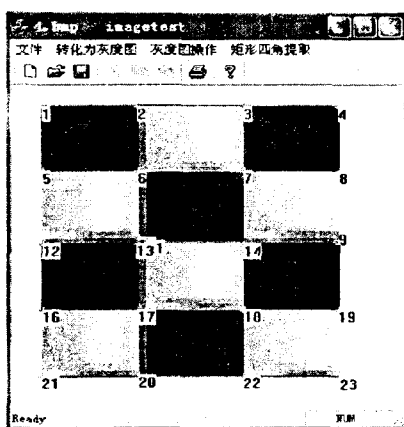


图 2 Harris 算子角点提取的结果图

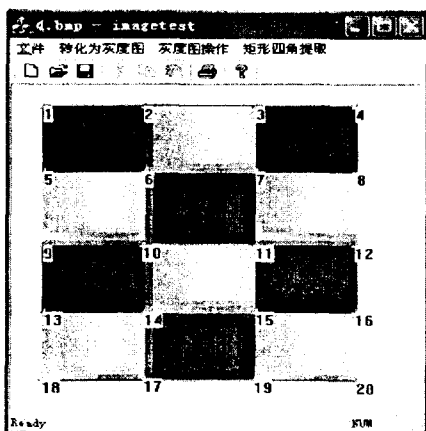


图 3 改进后角点提取方法的结果图

可以看出在模糊图像中定位准确率可达 100%。

5 结束语

Harris 算子是计算机视觉领域中使用很广泛的一种特征点提取算子,它计算简单、稳定性强。文中将其与对称算子融合应用作一些尝试,为复杂环境近景测量中标定点自动提取和匹配特征点提供了一种新的思路。该方法在实际现场测量应用中取得了较好的效果。

参考文献:

- [1] 田建,李江.道路交通事故摄影测量模型的标定点自动提取技术研究[J].交通与计算机,2005,23(3):5-6.
- [2] 刘阳成,朱枫.一种新的棋盘图像角点检测算法[J].中国图形图像学报,2006,11(5):656-658.
- [3] Gouet V, Montesinos P, Deriche R, et al. Evaluation de Détecteurs de Points d'Intérêt et pour la Couleur[C]//Inreconnaissance des formes et intelligence artificielle, volume II. Paris, France:[s. n.],2000:257-266.
- [4] 胡海峰,侯晓微.一种自动检测棋盘角点的新算法[J].计算机工程,2004,30(14):19-22.
- [5] Harris C G, Stephens M J. A Combined Corner and Edge Detector[C]//Proceedings Fourth Alvey Vision Conference. Manchester:[s. n.],1988:147-151.

(上接第 39 页)

3 应用

图 1 是运行程序后处理数据得到的界面,数据来源是 SZF 型波浪浮标。使用者可通过右侧的驱动器、目录和文件列表框选择数据文件。通过下面的按钮分别可以实现原始图、粗谱和原始谱。从图中可以看出当前数据峰值频率是 0.60Hz,而功率谱密度的峰值是 0.67mms(米方秒)。

4 结束语

作为 SZF 型波浪浮标岸站接收处理系统的一部分,该程序综合考虑了系统各方面的独特要求以及下位机之间的整体衔接,且由于采用了模块化编程,易于程序的升级。此程序所有代码,已在 WindowsXP 下运行通过,并成功运用于 SZF 型波浪浮标测得数据的实时功率谱分析,作为模块已成功集成到 SZF 型波浪浮标岸站接收处理系统中,通过大量试验,得到了较好的效果。

参考文献:

- [1] 叶安乐,李凤岐.物理海洋学[M].青岛:青岛海洋大学出版社,1992.
- [2] 徐德伦,于定勇.随机海浪理论[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [3] 闵联营,董华松. Visual Basic 程序设计[M].北京:北京大学出版社,2006.
- [4] 张云鹏,胡飞.基于 Matlab 和 VB 混合编程实现大学化学实验数据处理系统[J].计算机工程与应用,2007,43(7):116-118.
- [5] 袁林,巴力登. VC++ 调用 Matlab 实现图像处理[J].计算机技术与发展,2007,17(8):215-218.
- [6] 王宝祥.信号与系统[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2000.
- [7] 王世香.精通 Matlab 接口与编程[M].北京:电子工业出版社,2007.
- [8] 郭永瑞,孙朋德. ActiveX 控件的编写和使用[J].科技信息:学术版,2007(22):48-49.