

基于区域灰度变化的自适应 FAST 角点检测算法

刘 亮,王 平,孙 亮

(中国人民解放军理工大学 国防工程学院,江苏 南京 210007)

摘 要: 针对当前 FAST 角点检测算法只能检测单一类型的角点,并且单一阈值作用于整幅图像很难取得理想的效果等问题,本文提出了一种基于区域灰度变化的自适应 FAST 角点检测算法. 该算法首先对图像进行高斯滤波;其次,依据灰度差筛选出角点候选点;再引入自适应阈值,根据灰度值的大小对候选点进行分类;最后,根据分类结果,使用不同的检测模板对候选点进行再次筛选,获得最佳匹配角点. 仿真结果表明该改进算法不仅可以提取出更多的有效角点,较好的克服阈值选择不当造成的角点丢失或冗余,而且对于噪声具有良好的鲁棒性.

关键词: FAST 算法;角点检测;灰度变化;自适应阈值

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2017)03-0020-05

Adaptive FAST Corner Detection Algorithm Based on Regional Grayscale Change

LIU Liang, WANG Ping, SUN Liang

(College of Defense Engineering, PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China)

Abstract: According to the FAST corner detection algorithm applies only on a single type of corner and a single threshold is not suitable to the whole image, an adaptive FAST corner detection algorithm based on regional grayscale change is proposed. In this algorithm, Gauss filtering of images; then based on gray difference selected corner candidate; Besides, by introducing an adaptive threshold, candidate corners are classified according to adaptive gray level threshold. Finally, the best match corners are selected by using different templates in accordance with the classification results. Experimental results show that; the proposed improved algorithm can not only effectively overcome the threshold selection inappropriate resulting in loss and redundancy some corners, extract more efficient corners, but also has good robustness to noise.

Key words: FAST algorithm; corner detection; grayscale change; adaptive threshold

1 引言

角点是一种重要的图像特征点,因其在物体识别、图像配准、拼接等方面具有十分重要的意义. 因此,快速并准确地提取出角点,可以大幅提高处理效率,有效地降低信息处理量以及匹配的可靠性.

经过几十年的探索与研究,产生了许多检测角点的方法,但目前角点检测以基于图像灰度信息^[1]的方法为主,这种方法主要根据像素点邻域内的灰度变化和灰度对比关系来检测角点. 且现有的角点检测算法鲁棒性较差,很多算法都需要大量的冗

余数据来防止或减少错误角点的出现. 其中应用比较广泛的有 FAST 角点检测算法^[2], Harris 角点检测算法^[3]和 SUSAN 角点检测算法^[4].

FAST 算法是计算机视觉领域的一种经典算法,相比其他角点检测算法,在运行效率和检测速度等方面都有一定的优势,因此在图像处理问题上得到了广泛的应用. 但 FAST 算法只适用于单一类型的角点^[5],角点的提取效果也依赖于阈值的设定,且 FAST 算法的阈值为经验值^[6],不适用于整幅图像,角点检测很难取得良好的效果. 针对 FAST 算法在应用上的局限性,本文提出一种基于区域灰度变化

的自适应 FAST 角点检测算法,并通过仿真实验,验证了所提算法的有效性和可行性。

2 FAST 角点检测算法

文献[7]中提出了 FAST 角点检测算法,将其定义为:若某个像素点与它周围邻域内足够多的点处于不同的区域,则该像素点可能为角点。考虑到灰度图像,即若某一点的灰度值比它周围邻域内足够多的点的灰度值小或者大,则该点可能为角点。

FAST 角点检测算法步骤:

第一步:首先把原图像转换成灰度图像,将图像中候选点 p 的灰度值设为 $I(p)$;

第二步:根据经验值设定一个阈值 t ;

第三步:计算候选点 p 点的图像灰度值与周围 16 个点的图像灰度值之间的差值(算法模板如图 1 所示)。根据式(1)计算,如果存在超过 12 个相邻的点的灰度值小于 $I(p)+t$ 或者大于 $I(p)-t$ (其中 t 为阈值),则可认为候选点 p 点是角点。

$$N = \sum |I(x) - I(p)| \geq t \quad (1)$$

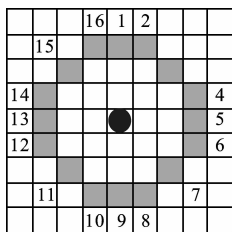


图 1 FAST 算法模板

通过查阅相关文献资料了解到 FAST 角点检测算法的检测速度很快,运行效率也很高,但是有一些缺点^[8]:

(1)检测出来的角点可能不是最优的,并且会有角点遗漏现象,误检率较高以及角点位置定位准确性较差;

(2)算法的检测效果和阈值的选取有很大关系,很难选取一个合适的阈值使其适用于整幅图像角点的提取。

3 自适应 FAST 角点检测算法

针对 FAST 角点检测算法的不足,本文提出了一种基于区域灰度变化的自适应 FAST 角点检测算法,在 FAST 算法中引入自适应阈值,并使用不同的角点检测模板。

改进的角点检测算法步骤:

第一步:首先将原图像转换成灰度图像,并利用

高斯函数对图像进行平滑处理。接着计算每个中心点在垂直水平两个方向的灰度差之和(算法模板如图 1 所示),设 A 点为 1 号点, A' 点为其对称的 9 号点, O 点为模板的中心点, L_A 为垂直灰度差和,同理, L_B 为水平灰度差和,求出灰度差和的最小值 $R_{\min}$,计算公式如式(2)所示:

$$\begin{cases} L_A = |f_A - f_o| + |f_{A'} - f_o| \\ L_B = |f_B - f_o| + |f_{B'} - f_o| \\ R_{\min} = \min\{L_A, L_B\} \end{cases} \quad (2)$$

将 $R_{\min}$ 与设定的经验阈值 T_1 相比较,依据 FAST 角点检测算法的原理,筛选出角点候选点,计算公式如式(3)所示:

$$N = \sum |I(x) - R_{\min}| \geq T_1 \quad (3)$$

第二步:对于上步所得候选点(记为 f_o),计算其圆周上的 16 个点与中心点的灰度值之差的绝对值,计算公式如式(4)所示:

$$C_x = |f_x - f_o| \quad (4)$$

计算得到灰度值之差绝对值的最大值 $C_{\max}$ 和最小值 $C_{\min}$,比较其他灰度差绝对值与最大值和最小值之间的关系,计算公式如式(5)所示:

$$S = \begin{cases} 0 & C_{\min} \leq C < \frac{C_{\max} + 2C_{\min}}{3} \\ 0.5 & \frac{C_{\max} + 2C_{\min}}{3} \leq C < \frac{2C_{\max} + C_{\min}}{3} \\ 1 & \frac{2C_{\max} + C_{\min}}{3} \leq C \leq C_{\max} \end{cases} \quad (5)$$

将 16 个点的 S 值相加,根据最后得到的 S 值将角点候选点分类,按式(6)所示方式进行分类:

$$K = \begin{cases} 1 & 0 \leq S \leq 8 \\ 2 & 8 < S \leq 12 \\ 3 & 12 < S \leq 16 \end{cases} \quad (6)$$

根据分类,选取阈值 T_2 并使用该阈值对模板进行检测,阈值选取如式(7)所示:

$$T_2 = \begin{cases} 0.4 * C_{\max} & K = 1 \\ 0.6 * C_{\max} & K = 2 \\ 0.8 * C_{\max} & K = 3 \end{cases} \quad (7)$$

第三步:角点有很多类型^[9],L 型,X 型,Y 型,* 型等等,而 FAST 角点检测算法只能测出的 L 型角点,对于其他类型并不能做到精确的检测。因此,对第二步检测结果进一步进行分类:

第一类:对于候选点周围有连续 12 个点满足公式(1)要求的,即为 L 型角点,直接将候选点标记为角点;

第二类:对于边界有 8 个点及少于 8 个点满足公式(1)要求的情况,认为其不是角点,直接将其剔除;

第三类:对于候选点周围有 9 个点以上点满足公式(1)要求且不满足第一类点条件的,可能为 Y 或 X 等类型角点.这时通过检测相邻点之间灰度值突变(即相邻点之间一个满足式(1)要求,另一个不满足式(1)要求)的次数,如果次数是大于两次且为偶数的,则也可以认为其是角点(4 次为 Y 型,6 次为 X 型等等,如图 2、3 所示).

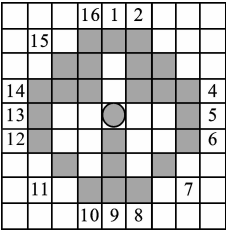


图 2 Y 型角点模板

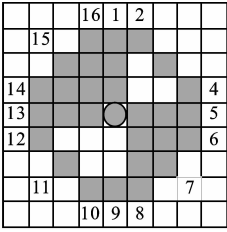
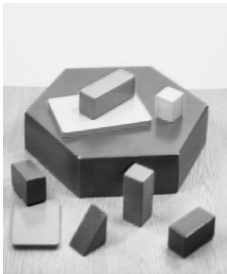


图 3 X 型角点模板

最后,将第一类和第三类角点求和,并使用非极大值抑制,得到最佳匹配角点.

4 实验结果及分析

为了测试改进算法的性能,选用如图 4 所示的模拟图像和真实图像进行 Matlab 仿真实验.



(a)模拟图像



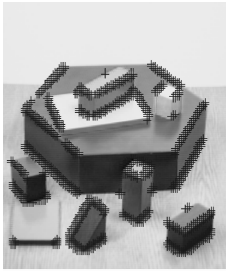
(b)真实图像

图 4 算法对比实验用图

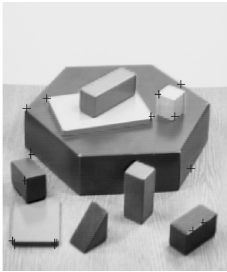
4.1 改进算法的分步仿真结果

为了测试改进算法对各种类型角点的正确响应和定位精度,用图 4(a)所示的标准模拟测试图像进行仿真实验,并给出每一步的角点检测结果图,如图 5 所示,第一步根据灰度差计算公式筛选出角点候选点,共计 3 266 个角点;第二步和第三步依据改进算法得出的自适应阈值并使用不同的检测模板,检测出图像中的 L 型角点, X 型角点和 Y 型角点,其中 L 型角点 17 个, X 型和 Y 型角点共计 1 522 个;最后将二,三两步的角点进行求和,并使用非极大值

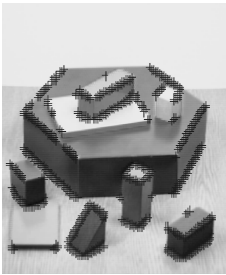
抑制算法,得出最终的检测结果,共计 123 个角点.由检测结果可以看出,该算法实现了角点的正确响应,减少了角点冗余和丢失情况的出现,达到了改进算法的目的.



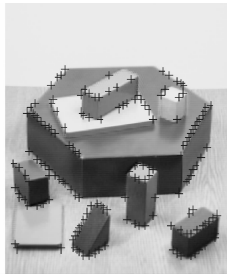
(1)筛选候选点



(2)检测 L 型角点



(3)检测 X&Y 型角点



(4)最佳匹配角点

图 5 改进算法的角点分步检测结果

4.2 全测性和精确性对比

通过对图 4 给出的模拟图像和真实图像进行仿真实验,并将结果与 FAST 算法, SUSAN 算法和 Harris 算法的角点检测结果进行对比^[10-11].

首先使用 FAST 算法对图 4 进行仿真分析,从下面两组图可以看出,整幅图片只能检测出部分角点,产生了角点遗漏现象,且局部区域出现了的冗余现象,在灰度值较小部分区域^[12],几乎检测不到角点;相比 FAST 算法, SUSAN 算法在进行检测^[13]时,可以检测到更多的区域的角点,但花费时间较长,整体冗余现象仍较严重,同样漏检了部分角点;使用 Harris 算法进行检测^[14]时,阈值的设置是 Harris 角点检测算法的关键,当阈值设置过小时,会产生大量的伪角点;当阈值设置过大时,会丢失许多角点.图 6(c)的检测结果是阈值设置过小,出现了伪角点,而图 7(c)所示的检测结果是阈值设置过大导致的角点丢失,且定位精度相对较差,出现了角点位置偏移现象.

最后,利用本文提出的改进算法,模拟图像检测出 123 个角点,真实图像检测出 93 个角点,且在图像对比度较低的区域也能有效检测出角点.

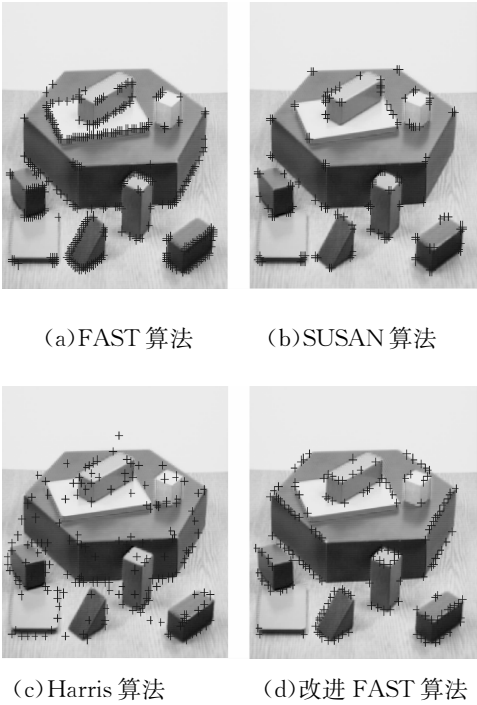


图 6 模拟图像的角点检测结果对比

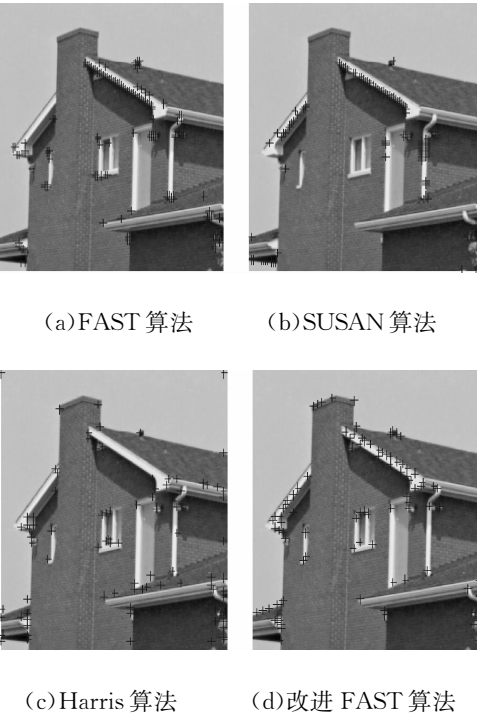


图 7 真实图像的角点检测结果对比

由图像对比可知,相比前面三种算法,在角点数以及角点的分布上,均具有较大的优越性,从而验证了本文所提改进算法的全测性和精确性,并通过真实图像检验了改进算法在实际应用中的有效性。

4.3 鲁棒性实验

为了验证改进算法在鲁棒性方面的优势,在图 4 中加入五个单位的高斯白噪声^[15],并对其进行仿

真实验,实验结果如图 8 所示,角点个数统计表如表 1 所示。

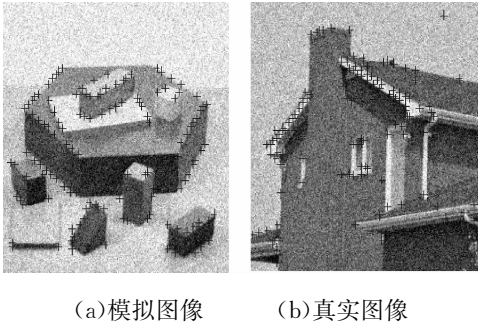


图 8 鲁棒性实验结果
表 1 角点个数统计

图像	准确角点	漏检角点	伪角点
模拟图像	123	4	3
模拟图像(加噪声)	128	4	5
真实图像	93	7	3
真实图像(加噪声)	102	8	6

可以看出,其检测结果除个别角点的位置发生偏移外,其余角点与无噪声状态下基本保持一致,没有出现严重的漏检和误检现象,证明了本文所提出的改进算法具有良好的鲁棒性。

5 结束语

本文首先对 FAST 角点检测算法进行了介绍,针对其在图像角点检测中出现的问题,提出了一种基于区域灰度变化的自适应 FAST 角点检测算法,并利用 Matlab 进行仿真实验,实验结果表明:本文所提出的改进算法不仅可以提取出更多的有效角点,而且对噪声具有良好的鲁棒性。

参考文献:

[1] 杨必武,郭晓松,张学文,等. 图像角点检测算法综述[D]. 西安:第二炮兵工程学院,2004.

[2] 王蒙,戴亚平. 基于 FAST 角点检测的局部鲁棒特征[J]. 北京理工大学学报,2013,33(10):1045-1050.

[3] 杨婷,陈家新,黎蔚,等. 一种基于提升小波的自适应 SUSAN 角点检测算法[J]. 微电子学与计算机,2009,26(7):156-159.

[4] 赵洁. 联合 Harris 特征点与 Hu 不变矩的图像区域复制篡改取证[J]. 微电子学与计算机,2013,30(11):15-17.

[5] 吴金津,王鹏程,龙永新,等. 基于 FAST 角点检测的图像配准算法[J]. 湖南工业大学学报,2014,28(4):71-75.

- [6] He X C, Yung N H C. Curvature scale space corner detector with adaptive threshold and dynamic region of support[C]//International Conference on Pattern Recognition 2004. Hongkong, 2004: 791-794.
- [7] Rosten E, Drummond T. Machine learning for highspeed corner detection[C]// Computer Vision-ECCV2006. Berlin, Heidelberg, Springer, 2006: 430-443.
- [8] 安维胜, 余让明, 伍玉铃. 基于 FAST 和 SURF 的图像配准算法[J]. 计算机工程, 2015, 41(10): 232-235.
- [9] 梁艳菊, 李庆, 陈大鹏, 等. 一种快速鲁棒的 LOG-FAST 角点算法[J]. 计算机科学, 2012, 39(6): 251-254.
- [10] Yang T, Chen J X, Wei L I, et al. An adaptive susan corner detector based on lifting wavelet transform[J]. Microelectronics & Computer, 2009, 26(7): 156-159.
- [11] 徐树奎, 李国辉, 张军, 等. 基于多方向对称和匀质约束的 SUSAN 棋盘格角点检测算法[J]. 计算机科学, 2011, 37(9): 248-252.
- [12] 任雁. 角点检测方法研究[J]. 机械工程与自动化,

2009, 37(1): 198-200.

- [13] 薛金龙. 基于角点的图像特征提取与匹配算法研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2014.
- [14] Huang H, Ma G, Zhuang Y. Vehicle license plate location based on harris corner detection[C]// Neural Networks, 2008. IJCNN 2008. (IEEE World Congress on Computational Intelligence). IEEE Interna. China, Hong Kong, 2008: 352-355.
- [15] 刘溪. 基于特征的图像配准算法与应用研究[D]. 北京: 北京理工大学, 2015.

作者简介:

刘 亮 男, (1993-), 硕士研究生. 研究方向为计算机视觉和图像处理. E-mail: 18262281433@163.com.

王 平 男, (1970-), 硕士, 教授. 研究方向为国防工程智能化.

孙 亮 男, (1991-), 博士研究生. 研究方向为计算机视觉和图像处理.

(上接第 19 页)

- [5] Wang Lijin, Yin Yilong, Zhong Yiwen. Cuckoo search with varied scaling factor[J]. Front. Comput, 2015, 9(4): 623-635.
- [6] Jin Qibing, Qi Linfeng. Novel improved cuckoo search for PID controller design[J]. Transactions of the Institute of Measurement and Control, 2014, 37(6): 1-11.
- [7] Yang X S, Deb S. cuckoo search: recent advances and applications[J]. Neural Computing and Applications, 2014, 24(1): 169-174.
- [8] Yang X S, Deb S. Cuckoo search via Levy flights[C]// Proceedings of World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing, NaBIC 2009. Washington: IEEE Publications, 2009: 210-214.
- [9] Yang X S, Deb S. Engineering optimization by cuckoo

search[J]. Int'l Journal of Mathematical Modeling and Numerical Optimization, 2010, 1(4): 330-343. [doi: 10.1504/IJMMNO.2010.03543].

- [10] Valian E, Mohanna S, Tavakoli S. Improved cuckoo search algorithm for global optimization[J]. Int'l Journal of Communications and Information Technology, 2011, 1(1): 31-44.

作者简介:

秦 岭 男, (1980-), 硕士, 讲师. 研究方向为计算机应用与人工智能.

戴睿闻(通讯作者) 男, (1991-), 硕士研究生. 研究方向为人工智能与优化控制. E-mail: drw_nj@163.com.