

一种融合光照和彩色信息的图像匹配算法

张庆鹏, 曹宇*

哈尔滨理工大学自动化学院, 哈尔滨 黑龙江 150080;

摘要 针对传统 SIFT 匹配算法很难兼顾匹配实时性与匹配准确率这一矛盾, 提出一种融合彩色信息表征与光照补偿的 Harris-SIFT 算法, 对算法在图像灰度化之前计算彩色信息补偿, 并通过高斯权重函数得出光照补偿量, 增强图像对比度, 进而提高系统的匹配准确率, 通过 Harris 角点检测算法与 SIFT 算法融合提高系统的快速性并剔除表征不好的特征点, 改善系统的实时性, 实验结果表明匹配算法在匹配准确率提高的同时, 还提高了算法的实时性。

关键词 光照补偿; 色彩补偿; Harris-SIFT; 图像匹配

中图分类号 TP391.4 **文献标识码** A

An image matching algorithm with exposure and color information

Zhang Qingpeng, Cao Yu *

*School of Automation, Harbin University of Science and Technology, Harbin,
Heilongjiang 150080, China*

Abstract Aiming at the contradiction between the traditional SIFT matching algorithm and the matching real-time and matching accuracy, a Harris-SIFT algorithm combining color information representation and illumination compensation is proposed. The algorithm calculates the color information compensation before the image is grayed out. The Gaussian weight function obtains the illumination compensation amount, enhances the image contrast, and improves the matching accuracy of the system. The Harris corner detection algorithm and the SIFT algorithm are combined to improve the system's rapidity and eliminate the badly characterized feature points, thus improving the real-time performance of the system. The experimental results show that the matching algorithm improves the real-time performance of the algorithm while improving the matching accuracy.

Key words exposure compensation; color compensation; harris-SIFT ;image matching

OCIS codes 100.3008; 100.3010; 200.4740; 150.0155

1 引言

图像匹配算法好坏直接影响机器视觉的识别结果, 同时图像匹配算法广泛地应用在医学影像、计算机视觉、视觉导航、模式识别、图像拼接等多方面^[1]。传统的 SIFT 算法等大多是在灰度化图像上进行匹配操作, 因此可能在灰度化之后损失图像的颜色信息, 光照变化对图像匹配影响较大, 在相同场景拍摄的图片也会因为光照变化而使得图像中颜色直方图对应

收稿日期: 年-月-日; **修回日期:** 年-月-日; **录用日期:** 年-月-日 (格式保留, 具体日期不用填写)

基金项目: 黑龙江省普通本科高校青年创新人才培养计划项目 (UNPYSCT-2015045) 资助项目

*E-mail: cyhit@163.com; **E-mail: zhangqingpeng0451@163.com;

的像素点的不同,导致左视图与右视图误检和漏检特征点现象,后续图像匹配的难度大大增加^[2]。Lowe 等人提出的 SIFT 算法是一种性能良好的局部特征,在图像匹配中被广泛应用,SIFT 算法是在灰度图像上进行匹配,不考虑图像的颜色信息,而且因为其计算量大、采集的特征点多、导致实时性较差,对实时性要求较高的系统无法使用^[3-4]。C.G. Harris 等提出的 Harris 算法^[5]是一种角点检测算法,该算法计算简单、稳定且不受光照、旋转、噪声等影响,具有良好的检测效果。将其与 SIFT 算法结合是目前一种较为理想的方案。

文献[6]ZHAO Y 等提出一种能够融合彩色和光照的 SIFT 算法,该算法相比 SIFT 算法准确性大大提高,但由于提取出了更多的特征点,匹配精确度更高,但提取匹配时间较长,实时性较低。而文献[7]许佳佳等提出一种多尺度的 Harris-SIFT 算法,该算法将 Harris 算法进行改进,在基本保持配准精度的同时,能够大大减少配准时间,文献[8]侯小红等人提出一种基于 Harris-SIFT 的 LBP 人脸表情识别算法,具有较好的识别效果,文献[9]胡海燕等提出用于卫星三线阵的 Harris-SIFT 图像匹配算法,极大提高了系统实时性。目前 Harris-SIFT 有两种融合方法,第一种是将 Harris 算法提升为多尺度,第二种则将 SIFT 算法降为单尺度,第一种多尺度 Harris 方法目前应用较多,能够在准确率基本不变的情况下极大提高系统的实时性,而第二种方法虽然实时性增大更大,但会小幅降低系统的匹配准确率^[10-12]。我们对其加入彩色补偿量与光照补偿量,虽然特征点提取较多,但准确率提高,我们在对其 Harris-SIFT 匹配算法进行优化,能较好保留彩色图像中彩色之间的差异性,同时兼顾了匹配算法的准确率与实时性。

因此,本文提出一种能融合光照和色彩信息的 Harris-SIFT 算法,首先在灰度化之前计算光照和彩色补偿量,从而在灰度化后将获得的灰度值增加光照和彩色补偿量,然后迅速提取图像中的角点,角点作为特征点,采用 SIFT 算法对特征角点进行匹配,最后,对指定图像中特征点的相似性判定度量通过特征点特征向量的欧式距离判定,并采用投票策略对匹配点提纯,实现指定图像的特征点匹配^[13-14]。大大降低了算法的复杂性,保证了算法的实时性。

2 融合光照和彩色信息补偿量算法

2.1 彩色补偿量的提取

文献[15]提出一种彩色补偿量的方法,很多彩色空间都可以通过两个颜色分量与一个亮

度分量代表所有的颜色，如 CIELUV、CIELAB、YIQ、YCbCr 等。CIELAB 与 GIELUV 是在 1931 年制定的 CIE XYZ 颜色空间基础上建立起来的，其中字母 L 代表亮度， A 、 B 、 U 和 V 都代表色度，其中 U 与 A 、 V 与 B 相似。YIQ 和 YCbCr 是由 RGB 颜色空间直接线性变换得到，其中字母 Y 代表亮度， I 、 Q 分别代表橙色到蓝色的变化程度、紫色到绿色的变化程度， C_B 、 C_R 分别表示颜色蓝色、红色分量与参考值之差。为使彩色补偿量能准确表示颜色变化特性，同时对灰度图增加对比度，本文使用 YIQ 彩色空间代表颜色。

RGB 颜色空间和 YIQ 彩色空间的变换关系如下(1)所示

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.253 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中， R 表示红色分量， G 表示绿色分量， B 表示蓝色分量， Y 分量代表亮度， I 称为色度信号， Q 称为饱和度信号。得到的灰度值是在原始灰度值的基础上增加彩色补偿量，即公式(2)：

$$P = Y + Y_c \quad (2)$$

式中， Y_c 为彩色补偿量，用来调整灰度值和反映彩色图像的颜色特征。为了保证灰度的连续性和充分反映彩色图像的颜色特性，彩色补偿量的提取方程式如下公式(3)：

$$Y_c = k \cdot \text{sgn}(200 \times I) \cdot |200 \times I|^\alpha + k \cdot \text{sgn}(50 \times Q) \cdot |50 \times Q|^\alpha \quad (3)$$

式中， k 为对比参数，取值范围为[1,4]，本文取值为 2； α 是范围参数，取值范围为[0.4,0.6]，本文取值为 0.5。由式(3)可知 Y_c 是 I 和 Q 的比例函数，它会将颜色变化转换成为亮度变化，这是非线性变换过程。在 YIQ 彩色空间中， I 分量的数值大小表征彩色图像中蓝色分量和橙色分量的分布， I 以 0 为分界点，当 $I > 0$ 时代表彩色图像的橙色分量多于蓝色，当 $I < 0$ 时代表橙色分量大于蓝色分量，当 $I = 0$ 时表示两种颜色分量相等，通过计算得出本文图片所提取的彩色补偿量，主要是从蓝色到橙色颜色的变化而反映的亮度变化特征。

2.2 光照补偿量的提取

当前方法大都采用高斯权重函数调整图像光照强度。因此为了保持更多的图像细节和增加对比度，采用的光照补偿量的提取方程式^[16]如下：

$$Y_E = \lambda \cdot P \cdot \exp\left[-\frac{Y^2}{2\sigma^2}\right] \quad (4)$$

式中, λ 为对比参数, 取值范围为[1, 3], 本文取值为1.5, P 是初步得到的灰度值, Y 是原始灰度值, σ 是标准差。 σ 在本文中的取值为0.2。由式(4)可知 Y_E 是根据原始灰度值 Y 进行调整而得到的灰度值。

最终的灰度值由原始灰度值、彩色补偿量和光照补偿量三部分组成, 即:

$$W = Y + Y_C + Y_E \quad (5)$$

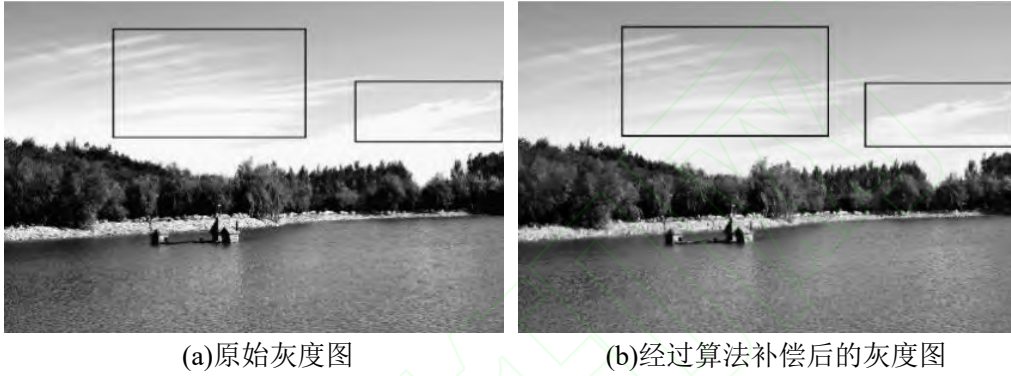


图1 灰度图对比

Fig.1 Grayscale contrast

3 图像快速匹配算法

3.1 特征角点提取

首先采用 Harris 算法提取特征角点, 然后对特征角点的质量进行检查, 首先判断其是否为边缘点以及特征角点所包含的信息是否正确, 其次对较差的角点要进行去除, 然后对保留下来的特征角点的特征描述来建立特征向量并匹配。

首先, 利用公式(6)对两幅图像提取角点, 公式如下所示

$$H(x, y) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x} & \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \end{bmatrix} \quad (6)$$

通过计算图像中的每一个像素点的二阶导数, 形成一个 Hessian 矩阵。

$$M(x, y) = \text{Det}(H(x, y)) - k \cdot (\text{Tr}(H(x, y)))^2 \quad (7)$$

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角点。

然后去除边缘点, 公式如下 (8) 所示

$$\frac{tr(H(x,y))^2}{Det(H(x,y))^2} < \frac{(r+1)^2}{r} \quad (8)$$

式中， $r=10$ ，对不满足公式（8）的点，判断为边缘点，进行去除。

最后，将图像中所含信息较低的角点删除，图像携带信息量的多少与图像熵值的大小成正比，具有较大熵值的特征角点相比具有较小熵值的特征角点拥有更高的匹配准确率，去掉熵值低的特征角点，相当于减少信息量低的角点，可以大大减少一些不必要的操作，从而大大提高了算法的性能，所用公式如下所示。

$$p_{i,j} = f(i,j) / N^2 \quad (9)$$

$$H_f = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m p_{i,j} (1 - p_{i,j}) \quad (10)$$

对图像 I_1 中和图像 I_2 中初步检测出的所有特征点，采用公式(10)在特征点为中心的 $m \times m$ 邻域内迅速计算图像块的局部熵值，并将图像 I_1 和 I_2 中所有达到不设定熵值的特征点进行去除。

3.2 SIFT特征点匹配

Harris 算法所提取的特征角点仅仅能够获得位置信息，而采用 SIFT 算法进行匹配需要三方面信息，这三个信息缺一不可，我们已经知道了尺度信息和位置信息，因此还需要确定特征点还需要获得方向信息。

要获得特征点的方向信息，首先要计算出图像像素点的所有梯度方向和模值，其计算公式如下(11)和(12)所示：

$$m(x,y) = \left\{ \left[L(x+1,y) - L(x,y-1) \right]^2 + \left[L(x,y+1) - L(x,y-1) \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

$$q(x,y) = \tan^{-1} \left\{ \left[L(x,y+1) - L(x,y-1) \right] / \left[L(x+1,y) - L(x-1,y) \right] \right\} \quad (12)$$

根据 3σ 的采样原则，梯度模使用 1.5σ 的高斯分布加权，将邻域窗口半径设置为 $3 \times 1.5\sigma$ ，并通过梯度直方图统计邻域范围以内其的梯度和方向。

3.2.1 特征点的描述

由以上步骤可以计算出特征点的位置和方向信息，从而生成需要的特征描述子。在关键

的特征点邻域要划分成一个 4×4 的子区域，并将该子区域的中心点作为一个种子点，每一个种子点都拥有 8 个不同的方向，对该种子点取第 1 组的第 1 层，既 $o=1$ ， $s=1$ 。即可生成 128 维的特征描述符。

3.2.2 特征点匹配

特征点的匹配采用特征向量的欧式距离作为判定，利用欧式距离判定两个特征向量间的相似性，计算公式如下(13)所示

$$D = \|l_m - l_n\| \quad (13)$$

式中 l_m 、 l_n 分别为图像 1 的匹配特征向量和图像 2 的待匹配特征向量， D 的值越小代表匹配向量的相似度越高。将一幅图像中的特征点与另一幅图像中的特征点中欧式距离最近的前两个特征点，也就是取 D 值中最小的两个点，两个特征点分别用最近的距离除以次近的距离，如果它的比值低于我们之前设定的比例阈值，则接受该对匹配点，并且比例阈值的大小与特征点匹配点的数量成正比例，也就是说，阈值越小，匹配点的数量越少，在本文的实验中，该比例阈值设定为 0.50。最后采用投票策略^[17]提纯匹配点。算法流程如下图 1 所示。

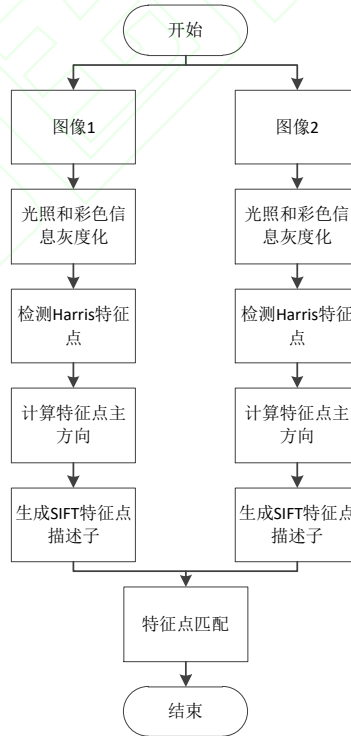


图 1 算法流程图

Fig.1 Algorithmic framework

4 实验及分析

为了验证本文算法相比融合彩色和光照信息的 Harris-SIFT 算法，在匹配准确率上的优势，选取集中不同的图片进行配准实验。实验采用 Intel Corei7-6700 2.6GHz CPU，8GRAM 的 PC 机，Windows10 64 位操作系统，采用 Matlab2018b 软件实现本文的算法，实验所用的图像均为实拍图像，其中图(a)，(b)为手持单反相机拍摄的书籍图片，大小为 1080×1920 ，图 c)、(d)为手机拍摄教学楼前广场的图片，大小为 960×1280 ，图(e),(f)为手机拍摄风景建筑照片，大小为 960×1280 。



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

图 2 实验测试图片。(a)(b)书籍图片;(c)(d)广场图片(e)(f)风景建筑图片

Fig.2 experimental text images.(a)(b)book images;(c)(d)square images;(e)(f)scenery building images

首先，通过实验比较融合光照和彩色信息的 Harris-SIFT 算法在特征点检测时间上与单一 Harris-SIFT 算法实时性变化。对本文提出的融合光照和彩色信息的 Harris-SIFT 算法以及 Harris-SIFT 算法进行特征点检测对比实验，将两种方法对图 2 的三组图片实验的时间统计结果整理如表 1 所示。表 1 结果表明，采用融合光照和彩色信息的 Harris-SIFT 算法进行特征检测没有改变系统的实时性，甚至由于优化了算法小幅度减少了匹配所需时间，在图 2 的 3 组测试图像中，融合光照和彩色信息的 Harris-SIFT 算法特征检测时间比只含有 Harris-SIFT 算法用时最少减少量达到了 8.05%，最多减少量达到了 14.70%。这是因为单角度 SIFT 需要计算的像素量减少，节约了在特征点提取与匹配的计算时间。此外，通过比较两种方法在相同图像中提取的特征点分布，可以看到融合光照和彩色信息的 SIFT 算法虽然提取出了更多的特征点，但是也提取出了一些特征表现较差的点，导致在匹配环节增加了计算量，从而影响了系统的实时性。

将本文算法与 Harris-SIFT 算法匹配正确率和总时间分别列于表 2 和表 3 中，Harris-SIFT 算法与本文算法的匹配实验结果如下图 3 和图 4 所示。

表 1 两种算法特征点检测时间统计

Table 1 Statistic of cost time for two algorithm feature points detection

Combine with exposure and color	Number of feature points		Time of feature points detection/s	
	Harris-SIFT	the proposed algorithm	Harris-SIFT	the proposed algorithm
Fig.3(a)	643	987	3.31	2.94
Fig.3(c)	315	526	1.49	1.37
Fig.3(e)	884	1245	3.47	2.96

表 2 本文方法的准确率和所用时间

Table2 Accuracy and cost time of using the proposed algorithm

	Number of feature points	Matches	Correct matches	Percent of correct matches/(%)	Total time/s
(a)	987	232	214	92.24	4.53
(b)	1186				
(c)	526	103	92	89.32	1.56
(d)	476				
(e)	1245	146	129	88.36	4.09
(f)	1023				

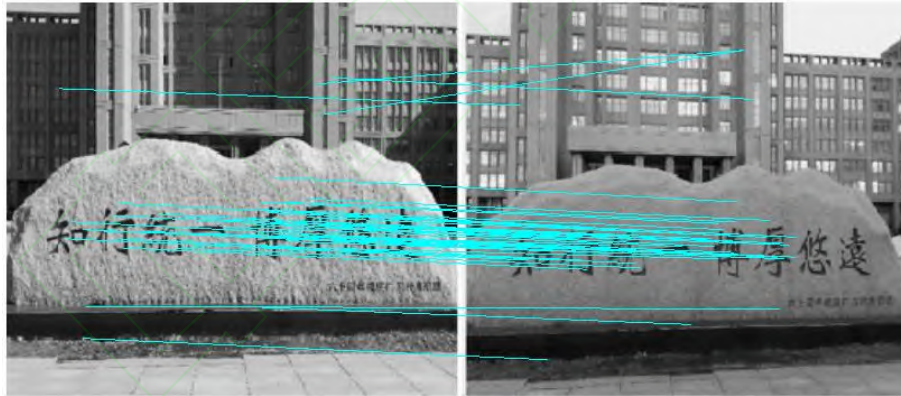
表 3 Harris-SIFT 算法的准确率和所用时间

Table3 Accuracy and cost time of Harris-SIFT algorithm

	Number of feature points	Matches	Correct matches	Percent of correct matches/(%)	Total time/s
(a)	643	192	167	86.97	4.99
(b)	746				
(c)	315	117	98	83.76	1.72
(d)	376				
(e)	884	279	239	85.66	4.39
(f)	832				



(a)



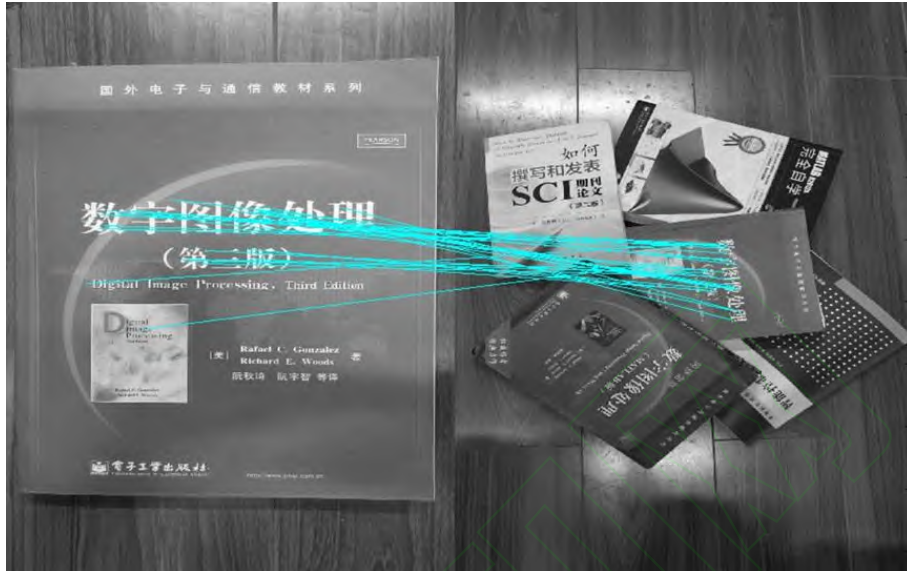
(b)



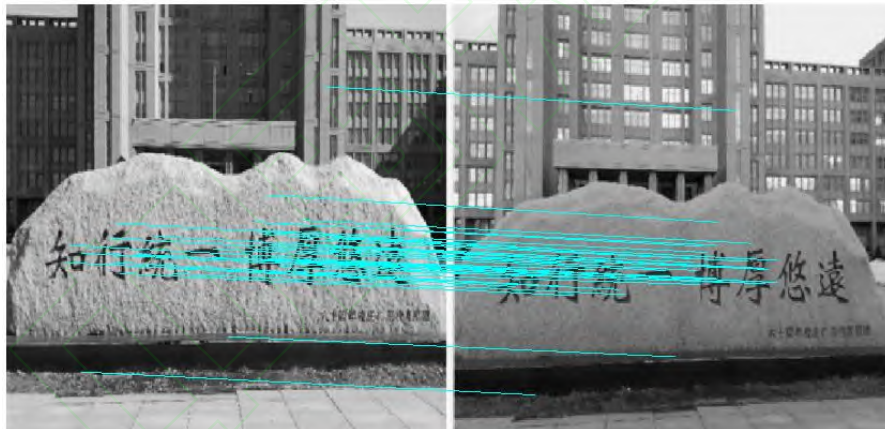
(c)

图 3 融合光照和彩色信息的 Harris-SIFT 算法匹配结果。(a)为图 2 中(a) (b)匹配;(b)为图 2 中(c) (d)匹配;(c)为图 2 中(e) (f)匹配

Fig. 3 image matching result for Harris-SIFT algorithm with exposure and color information. (a)matching for Fig2.(a)(b);(b)matching for Fig2.(c)(d);(c)matching for Fig2.(e)(f)



(a)



(b)



(c)

图 4 Harris-SIFT 算法匹配结果。(a)为图 2 中(a) (b)匹配;(b)为图 2 中(c) (d)匹配;(c)为图 2 中(e) (f)匹配

Fig. 4 image matching result for Harris-SIFT algorithm. (a)matching for Fig2.(a)(b);(b)matching for Fig2.(c)(d);(c)matching for Fig2.(e)(f)

由以上实验结果可见,融合光照和彩色信息的 Harris-SIFT 算法成功解决了实时性与匹配准确率这一互相矛盾的问题:

(1)通过对比实验结果,我们发现融合光照和彩色信息的 Harris-SIFT 算法,相比较原只采用 Harris-SIFT 算法的算法,由于匹配前先采用 Harris 算法检测出特征角点,同时去除了一些特征表现不好的点,从而为后边 SIFT 算法减少了匹配阶段的计算量,进而提高系统的实时性,所以虽然增加了补偿量的计算,但并没有让系统的实时性变差,而且略有提升。

(2)融合光照和彩色信息的 Harris-SIFT 算法,由于在灰度化之前增加了彩色和光照补偿量,解决了灰度化之后对原图像彩信信息表征不明显的问题,能够充分反映原彩色图像的结构,使得特征集合性较为显著,提高了正确匹配率。

5 结 论

本文针对传统的 Harris-SIFT 图像匹配算法灰度化之后不能很好的表征原彩色图像的信息,提出了一种融合光照和彩色信息的 Harris-SIFT 图像快速匹配方法。该方法首先根据在灰度化过程中加入彩色补偿量和光照补偿量,然后采用改进的 Harris-SIFT 算法进行特征点匹配。最后,通过对 3 组图像进行特征点匹配的实验,结果表明相较于之前的 Harris-SIFT 算法,本文算法在不影响实时性的情况下,准确率要优于传统的 Harris-SIFT 图像匹配算法。

参考文献

- [1] Yan L,Wang R,Liu H,*et al.*Stereo Matching Method Based on Improved Cost Computation and Adaptive Guided Filter[J]. Acta Optica Sinica, 2018, 38(11):1115007.
闫利,王芮,刘华,等.基于改进代价计算和自适应引导滤波的立体匹配[J]. 光学学报, 2018, 38(11):1115007.
- [2] Huo X Y,Liu Y.A Stereovision Measurement Method Using Epipolar Constraint to Correct Digital Image Correlation Matching[J].Chinese Journal of Lasers, 2017, 44(8): 0804003.
霍晓洋,刘洋.一种极线约束修正数字图像相关匹配的立体视觉测量方法[J].中国激光,

2017, 44(8): 0804003.

- [3] Lowe D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.
- [4] Lowe David G. Object recognition from local scale-invariant features [C]// Proceedings of the International Conference on Computer Vision. Corfu, Greece, 1999: 1150-1157.
- [5] Harris C. Stephens M. A combined corner and edge detector [C]// Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference, Manchester, 1988: 147-151.
- [6] Zhao Y, Yu W Z, Eric D. Image matching algorithm based on SIFT using color and exposure information [J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2016, 27(03): 691-699.
- [7] XU J J. Fast image registration method based on Harris and SIFT algorithm [J]. Chinese Optics, 2015, 8(04): 574-581.
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(04): 574-581.
- [8] Hou X H, Guo M. LBP algorithm for facial expression recognition based on Harris-SIFT feature point detection [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2017, 47(02): 209-214.
侯小红, 郭敏. 一种基于 Harris-SIFT 特征点检测的 LBP 人脸表情识别算法 [J]. 西北大学学报 (自然科学版), 2017, 47(02): 209-214.
- [9] Hu H Y, Zhao X A, Hou L L, et al. ZY-3 Three-Line Image-Matching Based on Improved Harris-SIFT Algorithm [J]. Journal of Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2015, 31(04): 51-57.
胡海燕, 赵西安, 侯莉莉, 等. 基于改进 Harris-SIFT 的 ZY-3 卫星三线阵影像匹配 [J]. 北京建筑大学学报, 2015, 31(04): 51-57.
- [10] Shang M S, Wang K C. Advanced Image Registration Method Based on Harris and SIFT Algorithm [J]. Microelectronics and Computer, 2018, 35(06): 132-134+140.
尚明姝, 王克朝. 一种改进的 Harris 与 SIFT 算子结合的图像配准算法 [J]. 微电子学与计算机, 2018, 35(06): 132-134+140.
- [11] Zhao Q J, Zhao D B, Wei H. Harris-SIFT Algorithm and Its Application in Binocular Stereo Vision [J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2010, 39(04): 546-550.
赵钦君, 赵东标, 韦虎. Harris-SIFT 算法及其在双目立体视觉中的应用 [J]. 电子科技大学学报, 2010, 39(04): 546-550.
- [12] Zhang X, Jin Y X, Xue D. Image Matching Algorithm Based on SICA-SIFT and Particle Swarm Optimization [J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2017, 54(09): 091002.
张鑫, 靳雁霞, 薛丹. SICA-SIFT 和粒子群优化的图像匹配算法 [J]. 激光与光电子学进展, 2017, 54(09): 091002.
- [13] Yu Zhijing, Wang Shaobin. Improvement of PCA-SIFT algorithm for matching stereo system [J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2016, 53(3): 031501.
于之靖, 王韶彬. 改进 PCA-SIFT 算法的立体匹配系统 [J]. 激光与光电子学进展, 2016, 53(3): 031501.
- [14] ZHAO L R, ZHU W, CAO Y G, et al. Application of improved SURF algorithm to feature matching [J]. Optics and Precision Engineering, 2013(12): 3263-3271.
赵立荣, 朱玮, 曹永刚, 等. 改进的加速鲁棒特征算法在特征匹配中的应用 [J]. 光学精密工程, 2013(12): 3263-3271.
- [15] LEE T H, KIM B K, SONG W J. Converting color images to grayscale images by reducing

dimensions[J].Optical Engineering,2010,49(5):057006.

- [16] Zhao Z S,Tian Q J,Wang.J.Z,et al.Image matching using distribution of colorful SIFT[C]//2010 international Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition(ICWAPR),July 11-14,2010, Qingdao,Shandong,China.New York:IEEE,,11530662.

- [17] Wang D,Ding M M.Entropy-based Cylindrical Panoramic Image Mosaicing Algorithm and its Robustness Analysis[J].Journal Chinese Computer Systems,2007(01):148-150.

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(01):148-150.



网络首发:

标题: 一种融合光照和彩色信息的图像匹配算法

作者: 张庆鹏, 曹宇

收稿日期: 2019-04-04

录用日期: 2019-04-19

DOI: 10.3788/lop56.191004

引用格式:

张庆鹏, 曹宇. 一种融合光照和彩色信息的图像匹配算法[J]. 激光与光电子学进展, 2019, 56(19): 191004.

网络首发文章内容与正式出版的有细微差别, 请以正式出版文件为准!

您感兴趣的其他相关论文:

一种改进的KAZE特征检测描述算法

汪方斌 储朱涛 朱达荣 刘涛 徐德军 许露
安徽建筑大学机械与电气工程学院, 安徽 合肥 230601
激光与光电子学进展, 2018, 55(9): 091007

基于电磁理论的水下图像色彩补偿

蒋泽新 朴燕
长春理工大学电子信息工程学院, 吉林 长春 130022
激光与光电子学进展, 2018, 55(8): 081006

基于各向异性Retinex的人脸图像光照补偿

杨梅 谭泽富 蔡黎 姚雪
重庆三峡学院信息与信号处理重点实验室, 重庆 404000
激光与光电子学进展, 2018, 55(12): 121007

SICA-SIFT和粒子群优化的图像匹配算法

张鑫 靳雁霞 薛丹
中北大学计算机与控制工程学院, 山西 太原 030051
激光与光电子学进展, 2017, 54(9): 091002

基于双目CCD测距的目标图像匹配算法研究

张丽娟 杨进华 姜雨彤 李东明 谭芳
长春理工大学光电工程学院, 吉林长春130022
激光与光电子学进展, 2014, 51(9): 091002