

基于优化 ORB 算法的图像角点特征匹配方法^{*}

朱 标^{1,2,3,4}

(1. 中航华东光电有限公司,安徽 芜湖 241002; 2. 安徽省现代显示技术重点实验室,安徽 芜湖 241002;
3. 国家特种显示工程技术研究中心,安徽 芜湖 241002; 4. 特种显示国家工程实验室,安徽 芜湖 241002)

摘 要:针对传统 ORB 算法的图像角点特征匹配精度不高的问题,提出基于优化 ORB 算法的图像角点特征匹配方法;首先使用 Shi-Tomasi 算法检测图像角点特征,然后使用 BRIEF 和 SURF 相融合算法生成图像角点特征双描述子序列并使用随机投影原理进行降维,最后使用优化的匹配算法进行匹配,简称 Shi-Tomasi-SURFORB 算法,仿真实验通过统计角点特征数、角点特征匹配数、角点特征正确匹配数、角点特征匹配精度、角点特征匹配精度率、图像匹配时间和图像匹配时间率共 7 个指标进行分析;分析结果表明:Shi-Tomasi-SURFORB 算法与传统 ORB 算法相比,在图像角点特征匹配时间方面提升了 9.46%,但在图像角点特征匹配精度方面提升了 8.88%,为图像角点特征匹配提供了一种更加均衡的解决方案。

关键词:ORB 算法;Shi-Tomasi 算法;BRIEF 算法;SURF 算法;特征匹配

中图分类号:TP394

文献标志码:A

文章编号:1672-058X(2021)04-0042-10

0 引 言

图像角点特征匹配作为计算机视觉领域的重点研究方向之一,其普遍应用于机器人^[1]、无人机^[2]与 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)^[3]等领域。首先,调研了国外科研者提出的图像角点特征匹配算法,例如, SUSAN(Smallest Univalued Segment Assimilating Nucleus)算法^[4]、Trajkovic 算法^[5]和 FAST(Features from Accelerated Segment Test)算法^[6-7], SIFT(Scale Invariant Feature Transform)算法^[8-9]、SURF(Speeded up Robust Feature)算法^[10]、ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)算法^[11]等,其中, SUSAN 算法、Trajkovic 算法与 FAST 算法作为依次优化的经典图像角点特征检测算法,其具备检测位置准确、抗噪声能力强的特性,但不具备对光照、尺度和旋转不变性, SIFT 算法与 SURF 算法具备光照、

尺度和旋转不变性,但执行速度不高, ORB 算法具备执行速度快的特性,但存在配准精度不高的问题。重点针对 Ethan Rublee 等于 2011 年提出的 ORB 算法进行研究,发现该算法对目标平移、旋转与一定视角和光照等变化保持一定的不变性,但存在对尺度变换敏感和图像角点特征匹配精度不高的问题,国内科研者为了解决 ORB 算法存在的问题提出了许多优化算法,例如,白雪冰等^[12]利用 Hessian 矩阵检测角点特征,使得检测出的角点特征具有尺度不变性,然后使用 ORB 算法生成角点特征描述子向量,解决了 ORB 算法对尺度变换敏感问题;曾庆化等^[13]将 ORB 算法融入 ASIFT(Affine-SIFT)算法中,加快 ASIFT 算法的运行速度;马丹等^[14]使用 SURF 算法检测出具有尺度不变性的特征点,然后使用 ORB 算法对特征点进行描述,从而使改进 ORB 算法具备尺度不变性;江泽涛等^[15]将 ORB 算法应用到异源图像的匹配,为异源图像的匹配提供了一

收稿日期:2020-06-13;修回日期:2021-01-24.

^{*} 基金项目:安徽省科技重大专项项目(17030901053)资助.

作者简介:朱标(1983—),男,安徽界首人,硕士,工程师,从事增强现实、嵌入式和机器视觉研究.

种解决途径;杨炳坤等^[16]使用 Shi-Tomasi 算法剔除大部分的伪角点特征,将 Shi-Tomasi 算法和 ORB 算法相结合提升了角点特征匹配精度^[17];通过对国内的调研可知,传统 ORB 算法普遍存在尺度变换敏感和图像角点特征匹配精度不高的问题,国内科研工作者主要利用其他图像角点特征检测和匹配算法的优势来对传统 ORB 算法进行优化,以解决传统 ORB 算法的劣势。最后,针对传统 ORB 算法图像角点特征匹配精度不高的问题,使用 Shi-Tomasi 算法、BRIEF (Binary Robust Independent Element Feature)^[18]和 SURF 相融合算法、随机投影原理与优化的相似性距离算法对传统 ORB 算法进行优化,得到 Shi-Tomasi-SURFORB 算法。

1 Shi-Tomasi-SURFORB 算法

Shi-Tomasi-SURFORB 算法按照实现流程分成 3 个阶段:检测阶段,包括待匹配图像的采集和使用 Shi-Tomasi 算法检测角点特征两个阶段;描述子阶段,包括两个阶段,一是生成 128 维 BRIEF 描述子向量和 64 维 SURF 描述子向量,共 192 维角点特征描述子向量,二是使用随机投影原理将 64 维 SURF 描述子向量降维到 24 维 SURF 描述子向量,最终得到共 152 维角点特征描述子向量;匹配阶段,使用优化的匹配算法进行角点特征的匹配。Shi-Tomasi-SURFORB 算法的实现流程框图如图 1 所示。

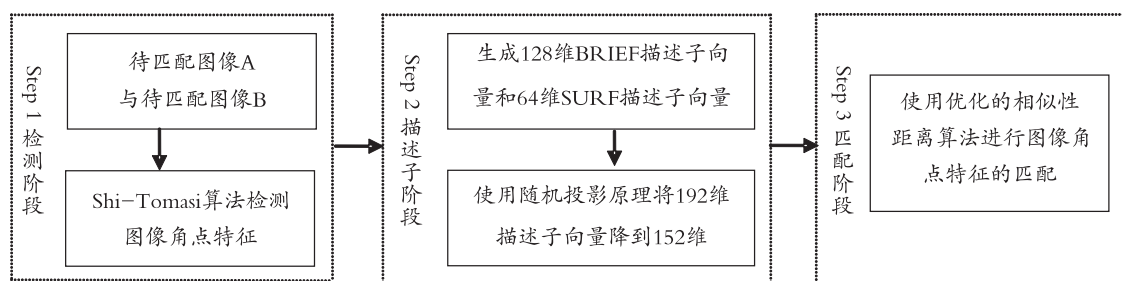


图1 Shi-Tomasi-SURFORB 算法的实现流程框图

Fig. 1 Implementation process diagram of Shi-Tomasi-SURFORB algorithm

1.1 图像角点特征的检测

Shi-Tomasi-SURFORB 算法在检测阶段使用 Shi-Tomasi 算法检测角点特征,Shi-Tomasi 算法是 Shi 和 Tomasi 于 1994 年提出的一种图像角点特征检测算法,是 Harris 算法的改进算法,该算法不易受图像旋转、光照条件、角度变化和噪声的影响,也可避免图像角点特征聚类。

Shi-Tomasi 算法实现原理如下:首先,假定待检测像素点为 P ,计算其在 X 方向和 Y 方向的梯度;其次,计算利用 X 方向和 Y 方向的梯度计算像素点 P 的自相关矩阵 M ;再次,计算像素点 P 的响应量,响应量是自相关矩阵 M 的两个特征值的最小值,如果响应量高于选定的阈值,则像素点 P 是候选角点特征;最后,遍历图像并进行局部非极大值抑制,剔除局部区域内重复的角点特征,得到最终的角点特征集。

1.2 图像角点特征的双描述子序列

Shi-Tomasi-SURFORB 算法在描述子阶段首先使用 BRIEF 和 SURF 相融合算法生成 128 维 BRIEF 描述子向量和 64 维 SURF 描述子向量,然后使用随机投影原理将 64 维 SURF 描述子向量降维到 24 维

SURF 描述子向量。

首先,计算角点特征的 $S \times S$ 大小的图像邻域 P 的准则 $\tau(P; x, y)$,计算表达式如下:

$$\tau(P; x, y) = \begin{cases} 1 & P(x) < P(y) \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

其中, $\tau(P; x, y)$ 表示图像邻域 P 的准则, $P(x)$ 表示平滑后的图像邻域 P 在 x 处的像素灰度值, $P(y)$ 表示平滑后的图像邻域 P 在 y 处的像素灰度值,设定 S 的值为 8。

再计算 BRIEF 描述子向量, BRIEF 描述子向量为 n 维的二进制比特串,计算表达式如下:

$$f_n(P) = \sum_{1 \leq i \leq n} 2^{i-1} \tau(P; x, y) \quad (2)$$

其中, $f_n(P)$ 表示 n 维的二进制比特串, $\tau(P; x, y)$ 表示图像邻域 P 的准则,设定 n 的值为 128。

其次,建立以角点特征为中心、沿角点特征主方向生成一个 20×20 的矩形区域,将其分成 4×4 个子块,对每个子块利用 Haar 小波模板进行响应值计算,最终形成 64 维 SURF 描述子向量。

再次,假定 128 维 BRIEF 描述子向量为 K_{brief} , 64 维 SURF 描述子向量为 K_{surf} ,使用小波变换基矩

阵 Ψ 与随机投影矩阵 $R \in \mathbf{R}^{24 \times 64}$, 将 64 维 SURF 描述子向量 $\mathbf{K}_{\text{surf}}$ 降维为 24 维测量向量 $\mathbf{K}'_{\text{surf}}$, 将 24 维测量向量 $\mathbf{K}'_{\text{surf}}$ 作为 SURF 描述子向量, 如下:

$$\mathbf{K}'_{\text{surf}} = \mathbf{R}\mathbf{Y} = \mathbf{R}\Psi\mathbf{K}_{\text{surf}} \quad (3)$$

其中, $\mathbf{K}'_{\text{surf}}$ 表示 24 维测量向量, $\mathbf{R}$ 表示 24×64 维的随机投影矩阵, $\mathbf{Y}$ 表示 64 维的稀疏向量, Ψ 表示 64×64 维的小波变换基矩阵, $\mathbf{K}_{\text{surf}}$ 表示 64 维的 SURF 描述子向量。

最后, BRIEF 描述子向量 $\mathbf{K}_{\text{brief}}$ 和 SURF 描述子向量 $\mathbf{K}'_{\text{surf}}$ 相结合组成了最终的角点特征描述子向量 $\mathbf{K}'$, 如下:

$$\mathbf{K}' = \mathbf{K}_{\text{brief}} + \mathbf{K}'_{\text{surf}} \quad (4)$$

其中, $\mathbf{K}'$ 表示最终的角点特征描述子向量, $\mathbf{K}_{\text{brief}}$ 表示 128 维 BRIEF 描述子向量, $\mathbf{K}'_{\text{surf}}$ 表示 24 维 SURF 描述子向量。

1.3 图像角点特征的匹配

Shi-Tomasi-SURFORB 算法在匹配阶段使用 Ham 距离和欧式距离相融合的相似性距离算法进行匹配, 整个图像角点特征的匹配分为两个阶段, 先假定图像 A 与图像 B 为一对待匹配图像, 图像 A 中图像角点特征集为 $\mathbf{U}_{\text{brief}_i}(x_1, x_2, x_3, \dots, x_{126}, x_{127}, x_{128})$ 与 $\mathbf{U}_{\text{surf}_i}(x_1, x_2, x_3, \dots, x_{22}, x_{23}, x_{24})$, 图像 B 中图像角点特征集为 $\mathbf{V}_{\text{brief}_j}(y_1, y_2, y_3, \dots, y_{126}, y_{127}, y_{128})$ 与 $\mathbf{V}_{\text{surf}_j}(y_1, y_2, y_3, \dots, y_{22}, y_{23}, y_{24})$ 。

首先, 针对 128 维 BRIEF 描述子向量, 使用 Ham 距离算法进行相似性度量, 以角点特征集 $\mathbf{U}_{\text{brief}_i}$ 中角点特征 U_i 为对象, 使用 Ham 距离公式遍历角点特征集 $\mathbf{V}_{\text{brief}_j}$ 中角点特征, 得到 Ham 的最小值与次最小值, Ham 的最小值对应最近邻特征点 V_{1j} , Ham 的次最小值对应次最近邻特征点 V_{2j} , Ham 距离算法如式(5)所示:

$$\text{Ham}(\text{ORB}_1, \text{ORB}_2) = \sum_{m=1}^{128} (x_m \oplus y_m) \quad (5)$$

其中, x_m 表示 $\mathbf{U}_{\text{brief}_i}$ 中角点特征描述子向量中元素, y_m 表示 $\mathbf{V}_{\text{brief}_j}$ 中角点特征描述子向量中元素, $\oplus$ 表示异或运算, $\text{Ham}()$ 表示两个角点特征描述子向量之间的 Ham 距离值。

如果 $\text{Ham}()$ 的最小值与次最小值满足 Ham 距离比较定义式, 则角点特征集 $\mathbf{U}_{\text{brief}_i}$ 中角点特征 U_i 与角点特征集 $\mathbf{V}_{\text{brief}_j}$ 中角点特征 V_{1j} 和 V_{2j} 相匹配, 遍历图像角点特征集 $\mathbf{U}_{\text{brief}_i}$ 中所有角点特征, 得到匹配角点特征集 M 和 N , 其中 M 为角点特征集 $\mathbf{U}_{\text{brief}_i}$ 中角点特征 U_i 与角点特征集 $\mathbf{V}_{\text{brief}_j}$ 中角点特征 V_{1j} 的组合集, N 为角点特征集 $\mathbf{U}_{\text{brief}_i}$ 中角点特征 U_i 与

角点特征集 $\mathbf{V}_{\text{brief}_j}$ 中角点特征 V_{2j} 的组合集, Ham 距离比较定义式如下:

$$\frac{\text{Ham}(U_i, V_{1j})}{\text{Ham}(U_i, V_{2j})} < T_{h1} \quad (6)$$

其中, $\text{Ham}(U_i, V_{1j})$ 、 $\text{Ham}(U_i, V_{2j})$ 分别表示角点特征集 $\mathbf{U}_{\text{brief}_i}$ 中角点特征 U_i 与角点特征集 $\mathbf{V}_{\text{brief}_j}$ 中最近邻角点特征 V_{1j} 、次最近邻角点特征 V_{2j} 的 Ham 距离值, T_{h1} 表示设定的阈值, 设定 T_{h1} 的值为 0.75。

然后, 针对 24 维 SURF 描述子向量, 使用欧式距离算法进行相似性度量, 以匹配角点特征集 M 和 N 为对象, 使用欧式距离算法遍历计算匹配角点特征集 M 和 N 中每对角点特征的欧式距离, 得到 d 的最小值与次最小值, 欧式距离算法如下:

$$d(U_i, V_j) = \sqrt{\sum_{m=1}^{24} (x_m - y_m)^2} \quad (7)$$

其中, x_m 表示 $\mathbf{U}_{\text{surf}_i}$ 中角点特征描述子向量中元素, y_m 表示 $\mathbf{V}_{\text{surf}_j}$ 中角点特征描述子向量中元素, $d(U_i, V_j)$ 表示角点特征之间的欧式距离值。

欧式距离的最小值和次最小值满足欧氏距离比较定义式组成的匹配图像特征集为最终匹配角点特征集 F , 欧氏距离比较定义式如下:

$$\frac{d(U_i, V_{1j})}{d(U_i, V_{2j})} < T_{h2} \quad (8)$$

其中, $d(U_i, V_{1j})$ 、 $d(U_i, V_{2j})$ 分别表示角点特征集 $\mathbf{U}_{\text{surf}_i}$ 中的角点特征 U_i 与角点特征集 $\mathbf{V}_{\text{surf}_j}$ 中的最近邻角点特征 V_{1j} 、次最近邻角点特征 V_{2j} 的欧式距离值, T_{h2} 表示设定的阈值, 设定 T_{h2} 的值为 0.75。

2 仿真实验

实验仿真软件为 Visual Studio 2008, 配置 OpenCV2.4.4 图像处理库, 实验仿真硬件为计算机, 计算机的中央处理器配置是 AMD A10-7300 Radeon R6 10 Compute Cores 4 CPU+6 GPU@1.90 GHz、内存配置是 4096MB RAM、操作系统配置是 Windows 7 旗舰版 32 位。

仿真实验采用 Mikolajczyk 图像库中 boat、bikes、graf、leuven 图像作为仿真实验图像, 如图 2—图 5 所示, 其中图 2 是发生旋转和缩放变化的 boat 图像, 大小为 850×680 像素, 图 3 是发生高斯模糊的 bikes 图像, 大小为 $1\,000 \times 700$ 像素, 图 4 是发生视角变换的 graf 图像, 大小为 800×640 像素, 图 5 是发生光照变化的 leuven 图像, 大小为 900×600 像素。

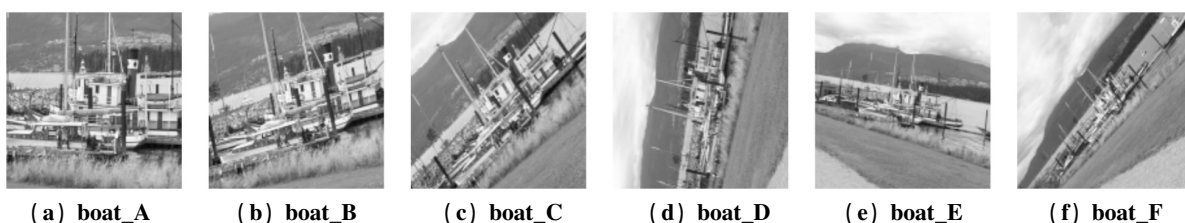


图2 仿真实验的待匹配 boat 图像

Fig. 2 Boat matching images of the simulation experiment



图3 仿真实验的待匹配 bikes 图像

Fig. 3 Bikes matching images of the simulation experiment

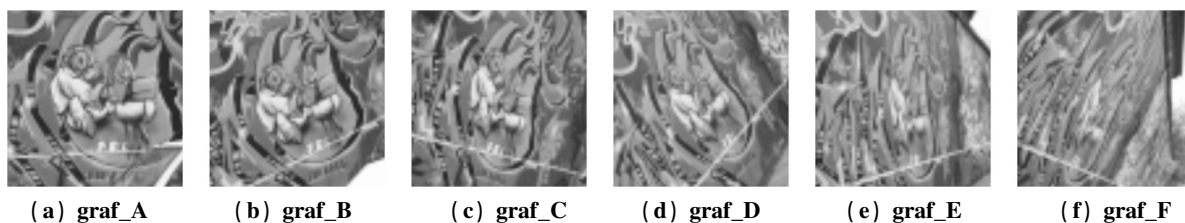


图4 仿真实验的待匹配 graf 图像

Fig. 4 Graf matching images of the simulation experiment



图5 仿真实验的待匹配 leuven 图像

Fig. 5 Leuven matching images of the simulation experiment

仿真实验使用传统 ORB 算法和 Shi-Tomasi-SURF 算法对仿真实验的待匹配图像进行角点特征检测与匹配,首先,对图 2(a)与图 2(b)、图 2(b)与图 2(c)、图 2(c)与图 2(d)、图 2(d)与图 2(e)、图 2(e)与图 2(f)共 5 对图像进行角点特征检测与匹配,其次,对图 3(a)与图 3(b)、图 3(b)与图 3(c)、图 3(c)与图 3(d)、图 3(d)与图 3(e)、图 3(e)与图 3(f)共 5 对图像进行角点特征检测与匹配,再次,对图 4(a)

与图 4(b)、图 4(b)与图 4(c)、图 4(c)与图 4(d)、图 4(d)与图 4(e)、图 4(e)与图 4(f)共 5 对图像进行角点特征检测与匹配,最后,对图 5(a)与图 5(b)、图 5(b)与图 5(c)、图 5(c)与图 5(d)、图 5(d)与图 5(e)、图 5(e)与图 5(f)共 5 对图像进行角点特征检测与匹配,得到的图像角点特征检测结果图如图 6—图 13 所示,图像角点特征匹配结果图如图 14—图 21 所示。

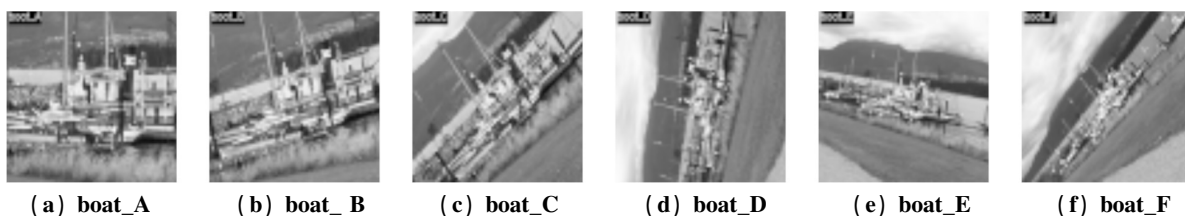


图6 传统 ORB 算法的 boat 图像角点特征检测结果图

Fig. 6 The result graphs of boat image corner features detection in the traditional ORB algorithm

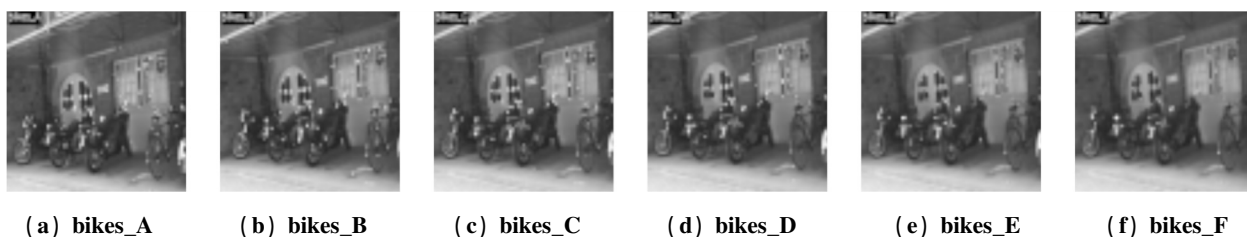


图 7 传统 ORB 算法的 bikes 图像角点特征检测结果图

Fig. 7 The result graphs of bikes image corner features detection in the traditional ORB algorithm

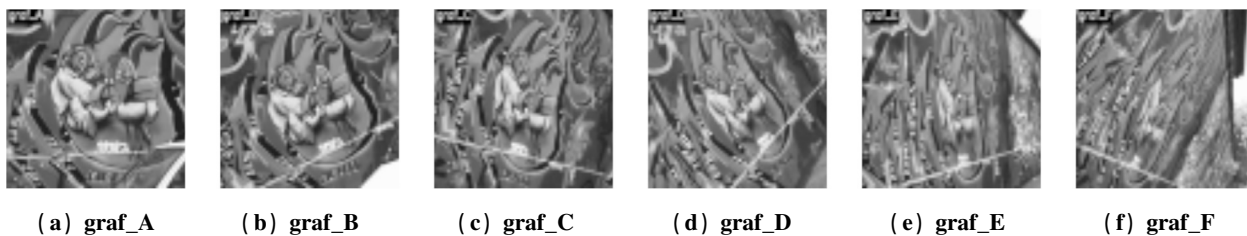


图 8 传统 ORB 算法的 graf 图像角点特征检测结果图

Fig. 8 The result graphs of graf image corner features detection in the traditional ORB algorithm

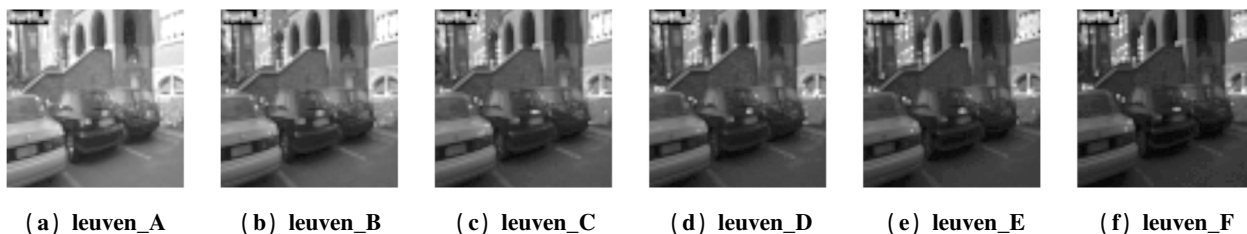


图 9 传统 ORB 算法的 leuven 图像角点特征检测结果图

Fig. 9 The result graphs of leuven image corner features detection in the traditional ORB algorithm

使用传统 ORB 算法对仿真实验的待匹配图像进行角点特征检测,角点特征检测结果图如图 6—图 9 所示,其中图 6 表示对图 2 中 boat 图像的角点特征检测结果图,图 7 表示对图 3 中 bikes 图像的角

点特征检测结果图,图 8 表示对图 4 中 graf 图像的角点特征检测结果图,图 9 表示对图 5 中 leuven 图像的角点特征检测结果图。

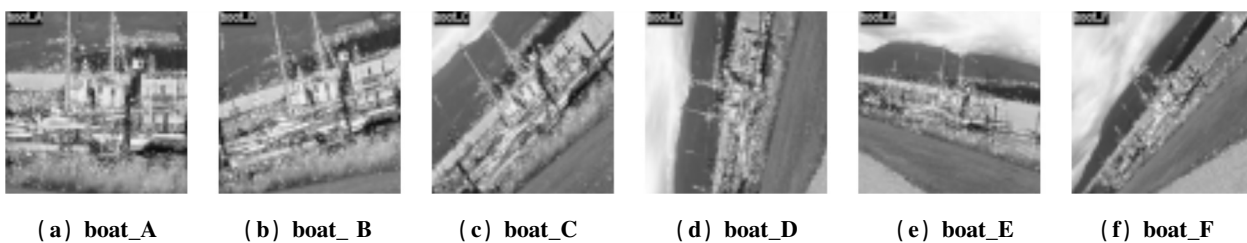


图 10 Shi-Tomasi-SURFORB 算法的 boat 图像角点特征检测结果图

Fig. 10 The result graphs of boat image corner features detection in the Shi-Tomasi-SURFORB algorithm

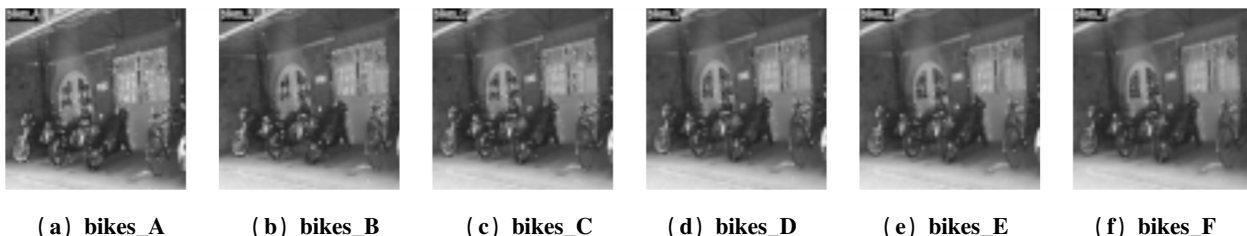


图 11 Shi-Tomasi-SURFORB 算法的 bikes 图像角点特征检测结果图

Fig. 11 The result graphs of bikes image corner features detection in the Shi-Tomasi-SURFORB algorithm

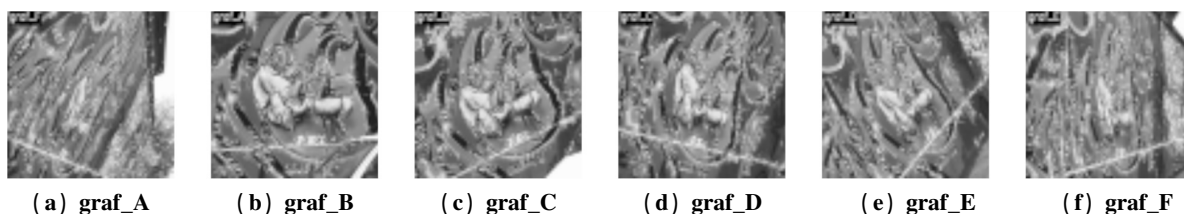


图 12 Shi-Tomasi-SURFORB 算法的 graf 图像角点特征检测结果图

Fig. 12 The result graphs of graf image corner features detection in the Shi-Tomasi-SURFORB algorithm

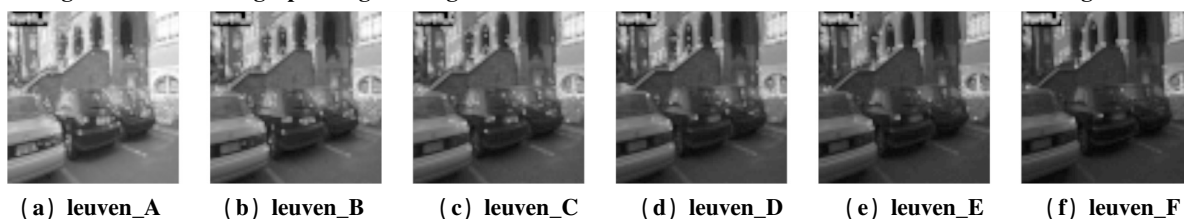


图 13 Shi-Tomasi-SURFORB 算法的 leuven 图像角点特征检测结果图

Fig. 13 The result graphs of leuven image corner features detection in the Shi-Tomasi-SURFORB algorithm

使用 Shi-Tomasi-SURFORB 算法对仿真实验的待匹配图像进行角点检测检测,角点特征检测结果图如图 10—图 13 所示,其中图 10 表示对图 2 中 boat 图像的角点特征检测结果图,图 11 表示对图 3

中 bikes 图像的角点特征检测结果图,图 12 表示对图 4 中 graf 图像的角点特征检测结果图,图 13 表示对图 5 中 leuven 图像的角点特征检测结果图。

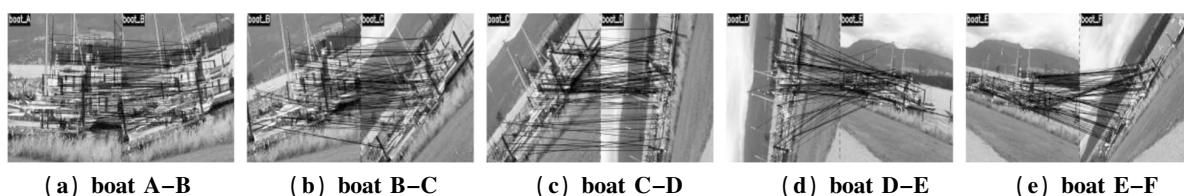


图 14 传统 ORB 算法的 boat 图像角点特征匹配结果图

Fig. 14 The result graphs of boat image corner features matching in the traditional ORB algorithm

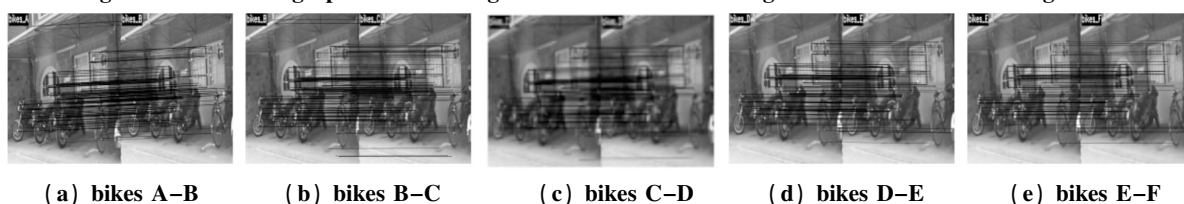


图 15 传统 ORB 算法的 bikes 图像角点特征匹配结果图

Fig. 15 The result graphs of bikes image corner features matching in the traditional ORB algorithm

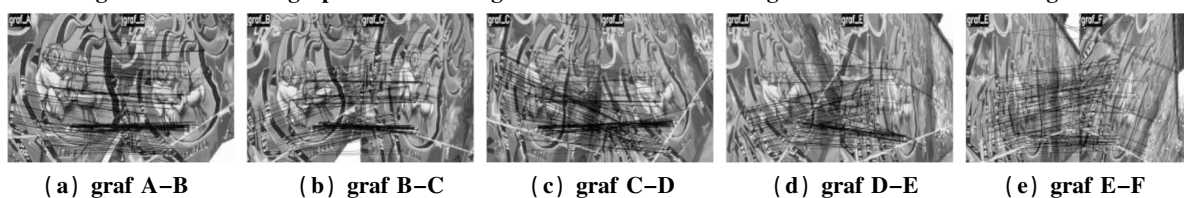


图 16 传统 ORB 算法的 graf 图像角点特征匹配结果图

Fig. 16 The result graphs of graf image corner features matching in the traditional ORB algorithm

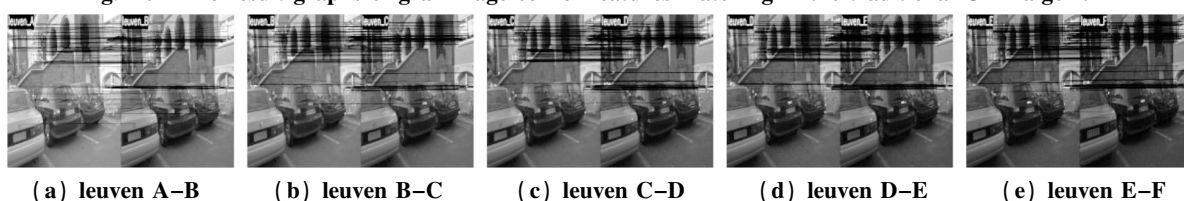


图 17 传统 ORB 算法的 leuven 图像角点特征匹配结果图

Fig. 17 The result graphs of leuven image corner features matching in the traditional ORB algorithm

使用传统 ORB 算法对仿真实验的待匹配图像进行角点特征匹配,图像角点特征匹配结果图如图 14—图 17 所示,其中图 14 表示对图 2 中 boat 图像的角点特征匹配结果图,图 15 表示对图 3 中 bikes 图像的角点特征匹配结果图,图 16 表示对图 4 中

graf 图像的角点特征匹配结果图,图 17 表示对图 5 中 leuven 图像的角点特征匹配结果图,其中 boat A-B 表示对图 2 中 boat_A 与 boat_B 进行图像角点特征匹配的结果图,其他情况以此类推。

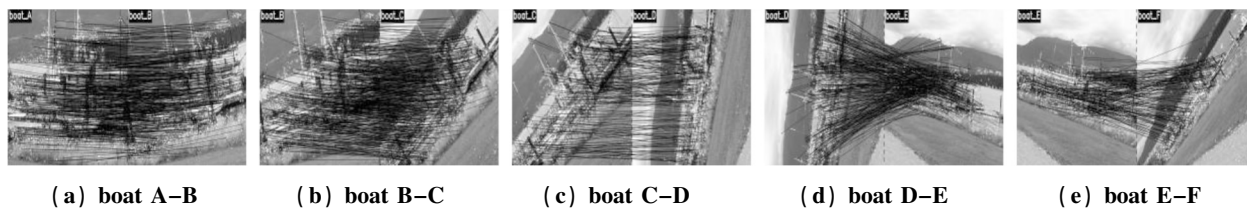


图 18 Shi-Tomasi-SURFORB 算法的 boat 图像角点特征匹配结果图

Fig. 18 The result graphs of boat image corner features matching in the Shi-Tomasi-SURFORB algorithm

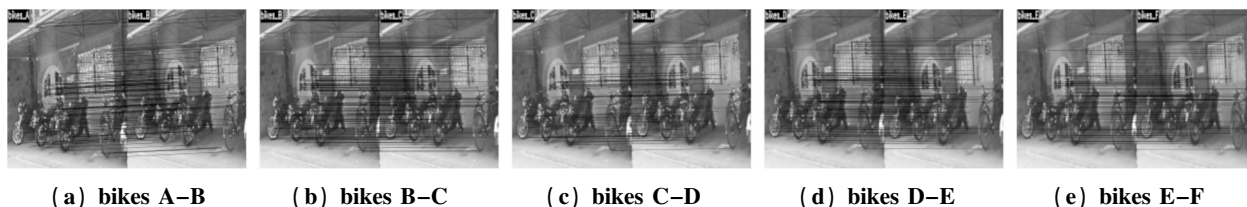


图 19 Shi-Tomasi-SURFORB 算法的 bikes 图像角点特征匹配结果图

Fig. 19 The result graphs of bikes image corner features matching in the Shi-Tomasi-SURFORB algorithm

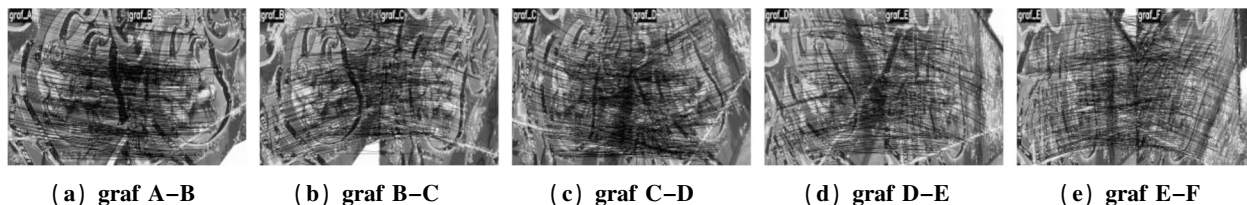


图 20 Shi-Tomasi-SURFORB 算法的 graf 图像角点特征匹配结果图

Fig. 20 The result graphs of graf image corner features matching in the Shi-Tomasi-SURFORB algorithm

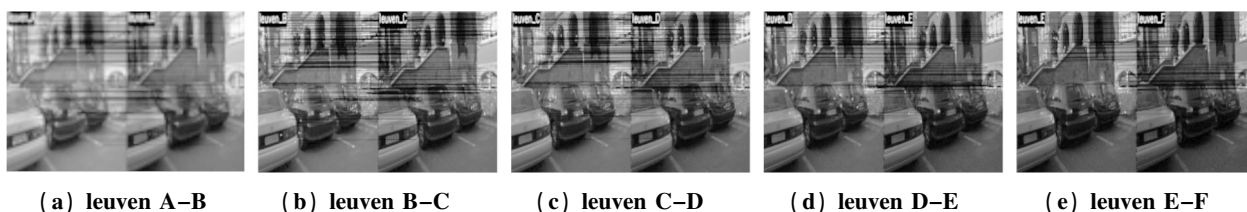


图 21 Shi-Tomasi-SURFORB 算法的 leuven 图像角点特征匹配结果图

Fig. 21 The result graphs of leuven image corner features matching in the Shi-Tomasi-SURFORB algorithm

使用 Shi-Tomasi-SURFORB 算法对仿真实验的待匹配图像进行角点特征匹配,图像角点特征匹配结果如图 18—图 21 所示,其中图 18 表示对图 2 中 boat 图像的角点特征匹配结果图,图 19 表示对图 3 中 bikes 图像的角点特征匹配结果图,图 20 表示对图 4 中 graf 图像的角点特征匹配结果图,图 21 表示对图 5 中 leuven 图像的角点特征匹配结果图,其中 boatA-B 表示对图 2 中 boat_A 与 boat_B 进行图像角点特征匹配的结果图,其他情况以此类推。

仿真实验为了比较传统 ORB 算法与 Shi-Tomasi-SURFORB 算法之间的执行效率,对图像角点特征检测数目、图像角点特征匹配数目、图像角点特征正确匹配数目、图像角点特征匹配精度、图像角点特征匹配精度率、图像角点特征匹配时间和图像角点特征匹配时间率共 7 个参数进行统计,其中图像角点特征的匹配精度率、图像角点特征的匹配时间率计算如下:

$$P_m = \frac{M_{\text{Shi-Tomasi-SURFORB}} - M_{\text{ORB}}}{M_{\text{ORB}}} \quad (9)$$

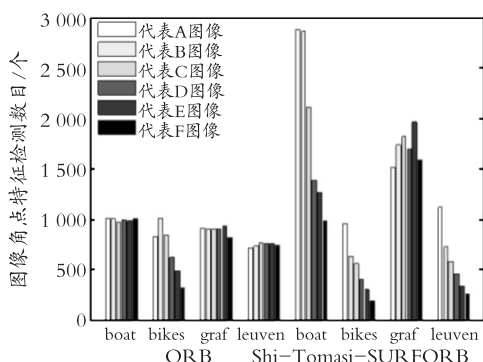
其中, P_m 表示图像角点特征的匹配精度率, $M_{\text{Shi-Tomasi-SURFORB}}$ 表示 Shi-Tomasi-SURFORB 算法的图像角点特征的匹配精度, M_{ORB} 表示传统 ORB 算法的图像角点特征的匹配精度。

$$P_t = \frac{T_{\text{Shi-Tomasi-SURFORB}} - T_{\text{ORB}}}{T_{\text{ORB}}} \quad (10)$$

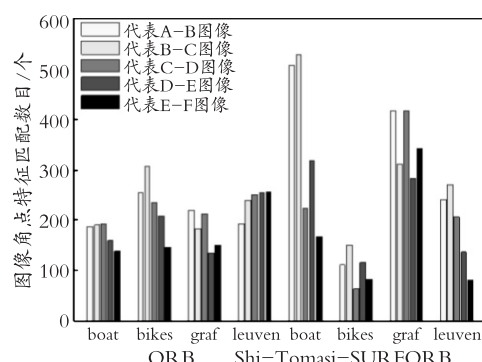
其中, P_t 表示图像角点特征的匹配时间率, $T_{\text{Shi-Tomasi-SURFORB}}$ 表示 Shi-Tomasi-SURFORB 算法的图像角点特征的匹配时间, T_{ORB} 表示传统 ORB 算法

的图像角点特征的匹配时间。

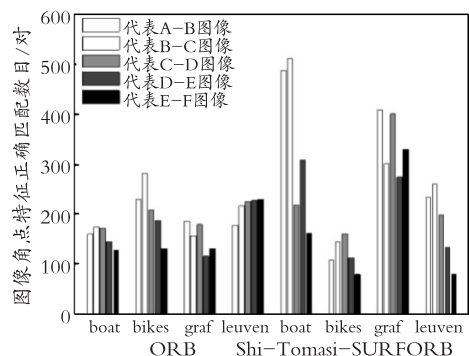
仿真实验统计数据的对比分析如图 22 所示, 根据图 22(d) 所知, 与传统 ORB 算法相比, Shi-Tomasi-SURFORB 算法的角点特征匹配精度有一定的提升, 根据图 22(e) 所知, 与传统 ORB 算法相比, Shi-Tomasi-SURFORB 算法的角点特征匹配时间有一定的提升, 根据图 22(f) 所知, 与传统 ORB 算法相比, 图像角点特征匹配时间率平均提升了 9.46%, 图像角点特征匹配精度率平均提升了 8.88%, Shi-Tomasi-SURFORB 算法在图像角点特征匹配精度和匹配时间两方面更加均衡。



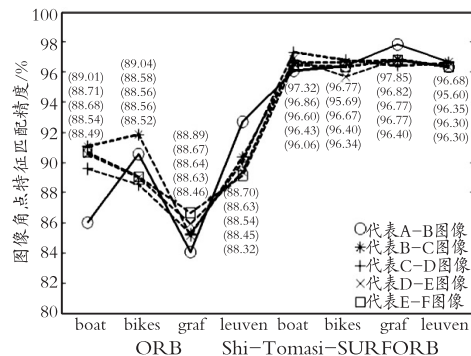
(a) 图像角点特征检测数目对比图



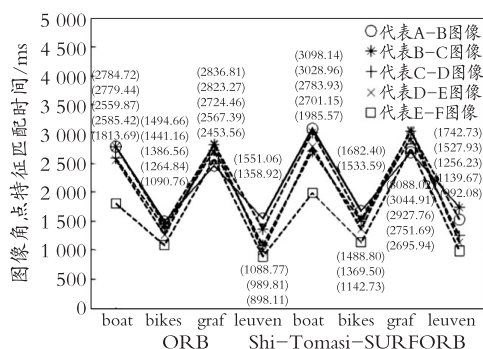
(b) 图像角点特征匹配数目对比图



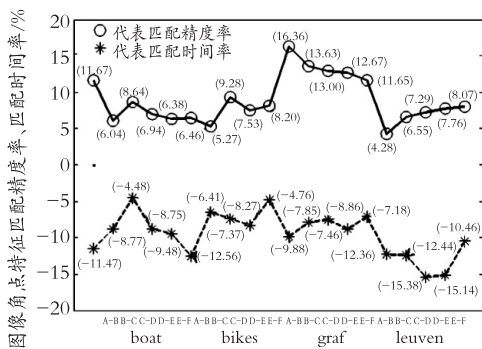
(c) 图像角点特征正确匹配数目对比图



(d) 图像角点特征匹配精度对比图



(e) 图像角点特征匹配时间对比图



(f) 相比传统 ORB 算法的 Shi-Tomasi-SURFORB 算法的图像角点特征匹配精度率、匹配时间率对比图

图 22 图像角点特征匹配的对比分析图

Fig. 22 Comparison analysis graphs of image corner features matching

其中,图 22(a)表示图像角点特征检测数目对比图,图 22(b)表示图像角点特征匹配数目对比图,图 22(c)表示图像角点特征正确匹配数目对比图,图 22(d)表示图像角点特征匹配精度对比图,图 22(e)表示图像角点特征匹配时间对比图,图 22(f)表示相比传统 ORB 算法的 Shi-Tomasi-SURFORB 算法的图像角点特征匹配精度率、匹配时间率对比图。

3 结束语

提出了 Shi-Tomasi-SURFORB 算法,针对传统 ORB 算法存在的角点特征匹配精度不高的问题,使用 Shi-Tomasi 算法、BRIEF 和 SURF 相融合算法、随机投影原理与优化的匹配算法进行优化,得到的结论有 3 点:图像角点特征匹配时间有一定提升;图像角点特征匹配精度也有一定提升;图像角点特征匹配时间与图像角点特征匹配精度提升程度相当。综上所述,Shi-Tomasi-SURFORB 算法为在图像角点特征匹配精度和耗时两方面均衡的场景提供了一种均衡的解决方案,下一步研究重点是在图像角点特征匹配时间相当甚至降低的情况下,提升图像角点特征匹配精度。

参考文献(References):

- [1] 田仕奇. 基于双目立体视觉移动机器人立体匹配方法的研究[D]. 长春:吉林大学,2014
TIAN S Q. Stereo Matching Method Research Based on Mobile Robot with Binocular Stereo Vision [D]. Changchun: Jilin University, 2014 (in Chinese)
- [2] 郑明国. 面向无人机视觉辅助定位的匹配算法研究[D]. 沈阳:东北大学,2016
ZHENG M G. Research on Image Matching Algorithms for Vision-aided UAV Localization [D]. Shenyang: Northeastern University, 2016 (in Chinese)
- [3] 何茜. SLAM 中特征匹配算法研究及其硬件实现[D]. 西安:西安理工大学,2019
HE X. Research on Image Feature Matching Algorithm in Slam and Its Hardware Implementation [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2019 (in Chinese)
- [4] SMITH S M, BRADY J M. SUSAN: A New Approach to Low Level Image Processing[J]. International Journal of Computer Vision, 1997, 23(1): 45—78
- [5] TRAJKOVIC M, HEDLEY M. Fast Corner Detection [J]. Image and Vision Computing, 1998(16): 75—87
- [6] ROSTEN E, PORTER R, Drummond T. Faster and Better: A Machine Learning Approach to Corner Detection [C] // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2010: 105—119
- [7] ROSTEN E, DRUMMOND T. Machine Learning for High-Speed Corner Detection [C] // International European Conference on Computer Vision, 2006: 430—443
- [8] LOWE D G. Object Recognition from Local Scale-invariant Features [C] // Proceedings of the International Conference on Computer Vision, 1999: 1150—1157
- [9] LOWE D G. Distinctive Image Features from Scale-invariant Keypoints [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91—110
- [10] BAY H, TUYTELAARS T, GOOL L V. SURF: Speeded Up Robust Features [C] // Proceedings of the European Conference on Computer Vision, 2006: 404—417
- [11] RUBLEE E, RABAU D V, KONOLIGE K, et al. ORB: An Efficient Alternative to SIFT or SURF [C] // 2011 International Conference on Computer Vision, 2011: 2564—2571
- [12] 白雪冰, 车进, 牟晓凯, 等. 结合快速鲁棒性特征改进 ORB 的特征点匹配算法 [J]. 计算机应用, 2016, 36(7): 1923—1926
BAI X B, CHE J, MU X K, et al. Improved Feature Points Matching Algorithm Based on Speed-up Robust Feature and Oriented FAST and Rotated BRIEF [J]. Journal of Computer Applications, 2016, 36(7): 1923—1926 (in Chinese)
- [13] 曾庆化, 陈艳, 王云舒, 等. 一种基于 ORB 的快速大视角匹配算法 [J]. 控制与决策, 2017, 32(12): 2233—2239
ZENG Q H, CHEN Y, WANG Y S, et al. A FAST Matching Method for Large Viewpoint Changes Images Based on ORB Algorithm [J]. Control and Decision, 2017, 32(12): 2233—2239 (in Chinese)
- [14] 马丹, 赖惠成. 改进 ORB 算法的匹配 [J]. 计算机仿真, 2018, 35(10): 274—278
MA D, LAI H C. Image Matching Based on Improved ORB [J]. Computer Simulation, 2018, 35(10): 274—278 (in Chinese)
- [15] 江泽涛, 刘小艳, 王琦. 基于显著性和 ORB 的红外和可见光配准算法 [J]. 激光与红外, 2019, 49(2):

- 251—256
JIANG Z T, LIU X Y, WANG Q. Visible and Infrared Image Registration Algorithm Based on Saliency and ORB [J]. Laser & Infrared, 2019, 49 (2): 251—256 (in Chinese)
- [16] 杨炳坤,程树英,郑茜颖. 改进的 ORB 特征匹配算法 [J]. 传感器与微系统, 2020, 39 (2): 136—139
YANG B K, CHENG S Y, ZHENG X Y. Improved ORB Feature Matching Algorithm [J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2020, 39 (2): 136—139 (in Chinese)
- [17] SHI J, TOMASI C. Good Feature to Track [J]. Computer Vision & Pattern Recognition, 1994, 84 (9): 593—600
- [18] CALONDER M, LEPETIT V, STRECHA C, et al. BRIEF: Binary Robust Independent Elementary Features [C] // European Conference on Computer Vision, 2010: 1—14

An Image Corner Features Matching Method Based on Optimized ORB Algorithm

ZHU Biao^{1,2,3,4}

- (1. AVIC Huadong Photoelectric Co., Ltd., Anhui Wuhu 241002, China;
2. Key Laboratory of Modern Display Technology, Anhui Wuhu 241002, China;
3. National Special Display Engineering Research Center, Anhui Wuhu 241002, China;
4. National Engineering Laboratory of Special Display Technology, Anhui Wuhu 241002, China)

Abstract: Aiming at the problem that the image corner features matching accuracy of the traditional ORB algorithm is not high, an image corner features matching method based on optimized ORB algorithm is proposed. Firstly, this paper uses the Shi-Tomasi algorithm to detect the image corner features, then uses the fusion algorithm of BRIEF and SURF to generate the double-descriptor sequences of the image corner features, and reduces dimension of the double-descriptor sequences by the random projection principle, finally, the optimized matching algorithm is used to match, referred to as the Shi-Tomasi-SURFORB algorithm. The simulation experiment analyzes seven indicators, including the number of corner features, the number of corner features matching, the number of correct corner features matching, the accuracy of corner features matching, the corner feature matching accuracy ratio, the image matching time, and the image matching time rate, the analysis results show that compared with the traditional ORB algorithm, the Shi-Tomasi-SURFORB algorithm improves the image corner features matching time by 9.46%, but improves the image corner features matching accuracy by 8.88%, which provides a more balanced solution for image corner features matching.

Key words: ORB algorithm; Shi-Tomasi algorithm; BRIEF algorithm; SURF algorithm; feature matching

责任编辑:罗姗姗

引用本文/Cite this paper:

朱标. 基于优化 ORB 算法的图像角点特征匹配方法 [J]. 重庆工商大学学报 (自然科学版), 2021, 38 (4): 42—51

ZHU B. An Image Corner Features Matching Method Based on Optimized ORB Algorithm [J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2021, 38 (4): 42—51