

文章编号:1004-4213(2011)08-1238-6

基于二进制比特串描述符的惯性组合 导航高速景象匹配算法

陈方^{1,2}, 许允喜¹

(1 湖州师范学院 信息与工程学院, 浙江 湖州 313000)

(2 南京航空航天大学 自动化学院, 南京 210016)

摘 要:针对景象匹配辅助惯性组合导航系统需要快速准确获取飞行器位置、航向偏差的要求,提出了一种基于二进制比特串描述符的高速景象匹配算法,尤其适合于计算资源有限的景象匹配场合.算法首先提取环绕中心极值局部特征,然后计算特征点的二进制比特串描述符,接着利用描述符之间的汉明距离进行快速特征匹配.最后,利用分组采样一致算法和最小二乘算法获取高准确度的航向和位置偏差信息.景象匹配性能评价实验表明:在匹配适应性、匹配速度、准确度和鲁棒性方面,算法都很优越,在参考图为 250×250 pixels,实测图为 160×160 pixels 情况下,整个算法的计算约为 40 ms,可以满足景象匹配导航系统高速匹配修正的要求,优于传统的景象匹配算法.

关键词:导航系统;景象匹配辅助导航;二进制比特串描述符;图像匹配

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb20114008.1238

0 引言

景象匹配辅助导航(Scene Matching Aided Navigation)是利用机载或弹载图像传感器在飞行过程中采集的实时地形景象图与预先制备的基准地形景象图进行实时匹配计算而获得精确定位信息的技术.因为景象匹配定位属于全局定位,所以可以利用这种精确的全局定位信息来消除惯性导航系统长时间工作的累计误差,以便大大提高惯性导航系统的定位准确度.

由于惯导设备存在误差漂移、气压高度计存在测量误差,这二种误差会造成用于景象匹配的实测图和数字地图之间有一定的旋转和尺度变化;而且由于天气光照变化以及光学器件存在各种噪音,所以匹配算法和图像特征的鲁棒性是提高景象匹配辅助惯性组合导航系统性能的关键.另一方面,由于景象匹配辅助导航的目的是为惯性导航提供实时的位置修正信息,因此图像匹配算法的实时性也至关重要,特别对于小型无人机和中远程轻型导弹,计算资源极其有限,寻求高速运行的景象匹配算法尤为重要.

目前,在惯性组合导航景象匹配算法方面有许多研究成果^[1-2].其中,基于部分 Hausdorff 距离(PHD)的景象匹配算法因具有较强的抗干扰能力和容错能力被广泛应用,出现了许多改进和优化算

法^[3-5].PHD 算法以部分 Hausdorff 距离作为景象匹配时的相似性度量,虽然有一定的鲁棒性,但也存在许多缺点,如抗旋转尺度变化性能较差,算法运行时间长,实时性差.

本文提出了基于二进制比特串描述符(Binary Robust Independent Elementary Features, BRIEF)的惯性组合导航用高速景象匹配算法. BRIEF 描述符^[6]由 Michael Calonder 等人在 2010ECCV 上提出,其直接对图像块计算二进制比特串. BRIEF 描述符快速计算、快速匹配、高效存储的优点使其能运行在限制计算资源的设备上.

基于 BRIEF 描述符的惯性组合导航用高速景象匹配算法除采用 BRIEF 描述符外,还采用了高效鲁棒的环绕中心极值(Center surround extremas, CenSurE)局部特征^[7]和基于分组采样一致算法(Group Sampling Consensus, GroupSAC)的误匹配滤除算法^[8].惯性组合导航景象匹配仿真实验表明,该算法整个运行时间约 40 ms,满足高速实时性要求,算法抗灰度变化、抗噪音、抗几何畸变能力强,鲁棒性强,匹配精确性高,与基于部分 Hausdorff 距离(PHD)的景象匹配算法相比,该算法在实时性、抗旋转和尺度变化、抗噪音等方面都表现出了很大的优越性.

基金项目:国家自然科学基金(No. 60872057)、浙江省自然科学基金(No. Y1101237, No. R1090244, No. Y1080212, No. Y1110944)和教育部科学技术研究重点项目(No. 211067)资助

第一作者:陈方(1987-),女,硕士,主要研究方向为景象匹配导航,视觉导航,智能视频监控等. Email: cf@hutc.zj.cn

收稿日期:2011-03-17; **修回日期:**2011-05-15

1 基于 BRIEF 描述符的惯性组合导航高速景象匹配算法

景象匹配过程需要结合惯性导航系统信息和气压高度表信息来获得当地的数字地图,而且在进行景象匹配前,需要利用惯性导航系统和气压高度表测量信息对实测图进行预处理,这两套系统具有测量误差.惯性导航系统的航向漂移误差,易造成用于图像匹配的实测图和参考图之间有不同程度的旋转变形;无线电气压高度表的测量误差,易造成实测图和参考图之间小范围内的尺度变化.以中等准确度惯性导航系统为例,在刚开始的搜索阶段,在没有任何外部修正信息的情况下,其航向偏差随导航时间增加而逐渐增大,一般为 $10^\circ/\text{h}$;而气压高度表的准确度则相对较高,且其误差随飞行高度呈近似线性变化,一般气压高度表的误差对尺度方面的影响可以考虑在正负 1.1 倍左右^[3].所以在设计惯性组合导航景象匹配算法时,主要考虑算法对小角度航向偏差和小的尺度偏差的鲁棒性.除此之外,还应考虑算法对天气光照引起的灰度变化以及光学传感器随机噪声的鲁棒性.在满足鲁棒性条件下,算法的准确度和实时性也是重要的因素.

1.1 惯性组合导航系统中图像精确匹配模型

设惯性导航航向漂移误差为 θ ,位置误差为 (t_x, t_y) ,由无线电气压高度表的测量误差造成的实测图和参考图之间的尺度变化为 c ,则有

$$\begin{bmatrix} x_{ai} \\ y_{ai} \end{bmatrix} = c \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{bi} \\ y_{bi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, (x_{bi}, y_{bi}) 和 (x_{ai}, y_{ai}) 分别为实测图的位置点 b_i , 以及其和参考图对应的位置点 a_i 在二维图像平面上的坐标.景象匹配即是利用该模型修正组合导航系统的航向误差 θ 和位置误差 (t_x, t_y) .

1.2 CenSurE 特征

局部特征 CenSurE^[7] 利用简单的双层滤波器近似高斯拉普拉斯, 获得了很高的计算效率, 是目前计算速度最快的局部特征, 可用于计算资源有限的实时应用场合, 如户外机器人导航^[9-11].

CenSurE 特征检测子由三个步骤组成. 首先利用积分图像计算双层高斯拉普拉斯滤波器响应, 其次采用非极大值抑制检测局部极大值, 最后滤除分布在边缘或线上的不稳定特征点.

Agrawal 等人提出的 CenSurE 特征检测子采用简单的双层滤波器来近似高斯拉普拉斯. 设 CenSurE 滤波器的内核尺寸为 $(2n+1) \times (2n+1)$, 外核尺寸为 $(4n+1) \times (4n+1)$. 设 I_n 内核权重系数, O_n 为外核权重系数. 为了使这种滤波器的 DC

响应为 0, 权重系数需满足

$$O_n(4n+1)^2 = I_n(2n+1)^2 \quad (2)$$

对尺度进行归一化

$$I_n(2n+1)^2 = I_{n+1}(2(n+1)+1)^2 \quad (3)$$

CenSurE 采用线性尺度, 即 $n=1, 2, 3, 4, \dots$, 如图 1.

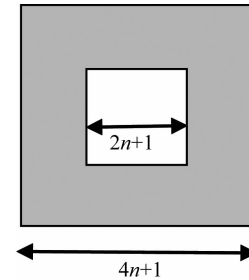


图 1 近似的双层 LOG 滤波器

Fig. 1 Approximated bi-level LOG filters

每个尺度的滤波器在图像的每个像素上计算. 将尺度空间的每个点与本尺度的相邻位置以及相邻尺度的对应位置共 26 个邻域进行逐个比较, 通过非极大值抑制得到的局部极值点. 弱的响应被滤除, 因为这些特征是不稳定的.

最后, 用尺度适应的 Harris 方法计算主曲率的比率以去除位于边缘或线上的不稳定特征点.

$$H = \begin{bmatrix} \sum L_x^2 & \sum L_x L_y \\ \sum L_x L_y & \sum L_y^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中, L 为滤波器响应函数, L_x 和 L_y 是沿 x 和 y 的偏导. 在和特征点尺度成正比的窗口内进行运算, 窗口的长度就是该尺度特征点滤波器外盒的长度. 比率的阈值设为 $10^{[7]}$.

1.3 BRIEF 描述符

特征点描述符广泛应用于计算机视觉领域, 如目标识别、3D 重建、图像检索、摄像机定位等. 许多应用须运行在有限计算资源的设备上, 针对快速计算、快速匹配、高效存储的需求, Michael Calonder 等人提出了 BRIEF 描述符^[6], 直接对图像块计算二进制比特串.

1.3.1 方法

BRIEF 描述符计算简单、快速, 其基于这样的思想: 图像块能够用相对少量的强度对比来表达^[12]. 定义 $S \times S$ 大小的图像块 p 的准则 τ 为

$$\tau(p; x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } p(x) < p(y) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

$p(x)$ 为平滑后的图像块 p 在 $x = (u, v)^T$ 处的像素灰度. 选择 n_d 个 (x, y) 位置对, 唯一地定义了二进制准则, BRIEF 描述符就为 n_d 维的二进制比特串.

$$f_{n_d}(p) = \sum_{1 \leq i < j \leq n_d} 2^{i-1} \tau(p; x_i, y_j) \quad (6)$$

n_d 可以为 128、256、512 等. 考虑到速度和鲁棒性,

本文中 $n_d = 512$.

BRIEF 描述符通过相应图像位置的强度相对大小进行编码,即编码图像微分的符号.所以该描述符对光照引起的灰度变化鲁棒性强.

1.3.2 图像块平滑核

成像系统中,由于各个传感器单元之间固有的不均匀性和盲元的影响,实际获取的图像中通常包含大量的噪音,需要对图像进行滤波以抑制噪音.式(1)的准则仅考虑单个像素,所以对噪音敏感.通过预平滑图像块能大大减少这种敏感性,提高描述符的稳定性和重复率.

高斯平滑滤波器在空间域和频域都是十分有效的低通滤波器,对随机噪音和高斯噪音的去除效果都较好.本文采用高斯滤波器对图像进行预平滑,考虑到 BRIEF 描述符的鲁棒性、精确性和计算速度,高斯核的方差取 2,离散核窗口的尺寸为 9×9 pixels.能够克服景象匹配的随机噪音影响.

1.3.3 二进制准则的空间分布

在 $S \times S$ 大小的图像块上产生 n_d 个 (x_i, y_i) 位置对有很多选择,文献[6]提出了五种采样方案并在 Wall 数据集^[13]上进行了评价.这五种采样方法分别为

1) x_i, y_i 都呈均匀分布 $(-\frac{S}{2}, \frac{S}{2})$.

2) x_i, y_i 都呈高斯分布 $(0, \frac{1}{25}S^2)$, 准则采样服从各向同性的同一高斯分布.

3) x_i 呈高斯分布 $(0, \frac{1}{25}S^2)$, y_i 呈高斯分布 $(x_i, \frac{1}{100}S^2)$. 采样分为二个步骤:第一个位置 x_i 在中心为原点处进行高斯采样,第二个位置 y_i 在中心为 x_i 处进行高斯采样.这种采样更加局部化.

4) x_i, y_i 在空间量化极坐标下的离散位置处进行随机采样.

5) $x_i = (0, 0)^T$, y_i 在空间量化极坐标下的离散位置处进行随机采样.

由于惯性组合导航中惯性陀螺仪存在航向偏差,无线电气压高度表误差造成图像尺度偏差,所以离检测的实测图和参考图同一局部特征点越远则变形越大,所以本文采用高斯采样.方案 2 和 3 都为高斯分布,由于惯性陀螺仪和气压高度表的测量误差较小,所以实测图和参考图之间几何畸变也较小,所以方案 2 的高斯采样较合理.方案 3 的高斯采样离图像块中心太近,独特性较低.本文对这几种采样方案进行了惯性组合导航景象匹配统计测试,实验结果证明,方案 2 效果最好.

1.3.4 描述符的距离计算

由于 BRIEF 描述符是 1 和 0 组成的二进制比特串,则描述符之间的距离可采用汉明距离,由异或(XOR)操作高效计算.512 比特的 BRIEF 描述符最大汉明距离为 512 比特,最小距离为 0 比特.一般而言,非匹配点的距离呈均值为 256 的高斯分布.在本文的景象匹配算法中,描述符之间的匹配采用最近邻汉明距离作为匹配准则,为了初步滤除误匹配,对汉明距离设立一个阈值,高于该阈值则直接滤除.本文中阈值设为 80 比特.

1.4 分组一致采样算法(GroupSAC)

GroupSAC 算法^[14]是一种高效的一致采样算法,计算效率高于 RANSAC 算法.算法假定:在许多点匹配的计算机视觉应用场合中,存在数据分组,其中某些分组的数据具有较高比率的内点,某些具有较低比率的内点.利用该算法首先要对数据进行分组.

本文采用点匹配的最近邻距离作为分组的先导信息,其基于这样的思想:最近邻距离越小则匹配的概率越大.首先根据最近邻距离的大小进行排序,较小的 50% 数据集合设为 A,其他的为另一组 B.很显然,A 组数据比 B 组数据具有更高比率的内点.

基于 GroupSAC 的景象匹配算法流程为

1) ①在 A 组随机采样 2 对匹配点.

②由上面的 2 组点对计算出式(1)的导航参数.

③利用②得到的导航参数计算得到内点.

④对内点进行最小二乘精确匹配算法^[4]获取高精度的导航参数.

⑤如果内点数达到预定比例则退出.如果达到 A 组的最大迭代次数则转入步骤 2,否则转入①.

2)在 B 组采用 2 对匹配点,重复如 1 的步骤.

3)在 A 和 B 组中各采样 1 对匹配点,重复如 1 的步骤.

1.5 基于 BRIEF 描述符的景象匹配组合导航系统

景象匹配辅助组合导航系统的整体框图见图 2,本文针对惯性/景象匹配组合导航系统的实际应

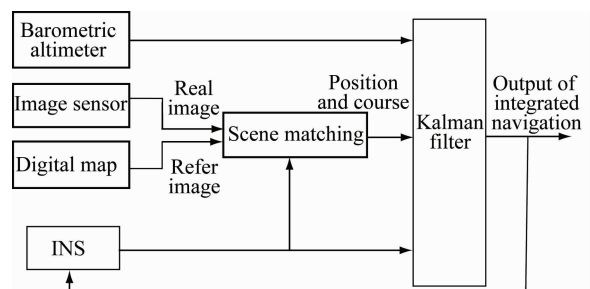


图 2 惯性/景象匹配组合导航系统

Fig. 2 INS/scene matching integrated navigation system

用情况,给出了整体的用于组合导航系统的基于 BRIEF 描述符的景象匹配算法.具体实现步骤为

1)飞行器进入匹配区域,利用机载图像传感器拍摄一幅实测图 A;

2)利用此时惯性导航的定位信息并结合预估的惯性导航误差,来截取机载计算机内的数字地图的一部分区域 B;由于惯性导航有定位信息误差,因此,区域 B 的大小必须结合预估的惯性导航的误差进行选择,以确保该区域内包含飞行器所在真实位置的信息,以减小区域 B 选择不合理带来的匹配算法误差;

3)计算实测图 A 和参考图 B 的 CenSurE 特征;

4)在实测图 A 和参考图 B 的所有 CenSurE 特征位置计算局部图像块的 BRIEF 描述符;

5)利用实测图 A 和参考图 B 的 BRIEF 描述符之间的汉明距离进行特征匹配;

6)利用分组一致采样算法和最小二乘算法进行图像精确匹配;

7)利用 6)的结果来修正此时惯性导航的位置信息和航向信息;

8)此时,一次匹配完成,如航迹未完,继续从步骤 1)开始匹配.

2 景象匹配性能评价实验

为了验证本文算法的有效性,利用光学卫星图像进行景象匹配性能评价实验.实验选取参考图为 250×250 pixels,实测图为 160×160 pixels 的图像作为测试对象.景象匹配算法的性能指标主要有:抗灰度变化、抗噪音、抗旋转尺度变换、匹配准确度及实时性能,并与基于 PHD 的景象匹配算法^[3]进行了对比.

2.1 抗灰度变化性能分析

在实际景象匹配场合,由于天气、光学传感器等因素的影响,实测图和参数图存在较大的灰度变化.本文对灰度变化进行实验仿真,对实测图进行变暗或变亮处理.

特征匹配结果如图 3(经 GroupSAC 算法滤除误匹配的内点特征匹配图).图 3(a)为 30% 的变亮处理,图 3(b)为 30% 的变暗处理,实验条件为旋转 4° ,尺度变换 1.1 倍,高斯噪音 $n=0.05$.设平移误差范围 $error = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$, Δx 、 Δy 分别为 x 、 y 轴上的位置偏差,匹配点位置误差在 0.8 像素内,旋转角度误差在 0.5° 内.从实验结果看,本文算法对灰度变化是鲁棒的.



(a) Feature matching result with real-image brightening



(b) Feature matching result with real-image darkening

图 3 灰度变化下本文算法的特征匹配结果

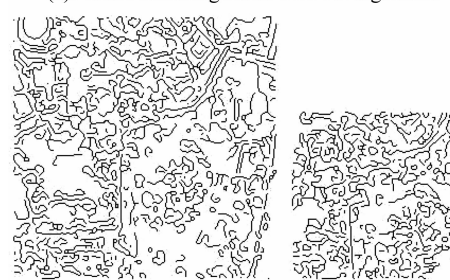
Fig. 3 Scene matching results with changed gray

2.2 算法适应性分析

本文进行了大量的仿真实验,总体来说,采用本文算法匹配效果比较好,能获取精确的匹配点,算法匹配适应性很强,几乎所有的区域都能匹配,正确匹配率达到 99% 以上.而 PHD 算法只在边缘特征很明显的区域才能匹配,并且不同区域匹配结果相差较大,失败率较高.图 4(实验条件为灰度变化 10%,旋转 2° ,尺度变换 1.1 倍,高斯噪音为 0.1)给出了二组匹配结果对比.在边缘特征不明显的区域,本文算法匹配点位置误差在 0.6 像素内,旋转角度误差在 0.5° 内,如图 4(a),而基于 PHD 的景象匹配算法则匹配失败,如图 4(b).



(a) Feature matching result with our algorithm



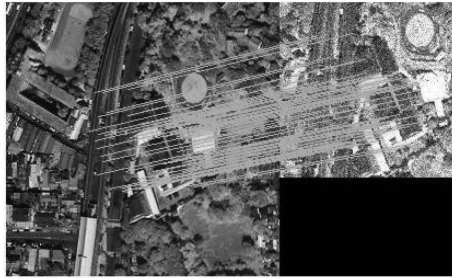
(b) Matching failure with PHD

图 4 边缘特征不明显区域的景象匹配结果对比

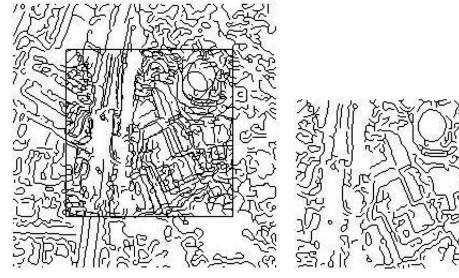
Fig. 4 Comparison of scene matching results without obvious edge features

2.3 抗噪音、抗旋转尺度变换及匹配准确度分析

图5和表1给出了边缘特征较明显区域的两种算法匹配结果对比。从表1可以看出:随着尺度变化、旋转角度的增大和噪音影响的增强,本文算法的准确度明显好于PHD算法。PHD算法的平移误差



(a) Feature matching result with our algorithm



(b) Matching failure with PHD

图5 边缘特征明显区域的景象匹配结果对比

Fig. 5 Comparison of scene matching results with obvious edge features

表1 景象匹配准确度对比

Table 1 Comparison of scene matching accuracy

Rotation	Scale	True position	Noise levels	Matching result		
				Our algorithm		PHD
				Position	Rotation	Position
0	1		45,45	0	45,45	
2	1.1		45.2,45.3	2.3	44,46	
4	1.1	45,45	45.5,44.4	4.5	50,47	
6	1.1		45.5,45.7	6.5	No matching	
8	1.1		44.2,45.6	8.6	No matching	

2.4 匹配实时性分析

运用 VC++ 6.0 工具,在主频为 Pentium 2.8 GHz,内存为 1 G 的 PC 机上运行.本文对大量参考图为 250×250 像素,实测图为 160×160 pixels 的图像进行了测试,本文算法的运行时间约为 40 ms,而 PHD 算法的运行时间在 30 s 以上. PHD 算法对图像大小依赖性很大,但即使是参考图为 128×128 pixels,实测图为 64×64 pixels 的小尺度图像上计算时间也在 1 s 以上.因此,在计算资源有限的景象匹配场合下本文算法有明显的优势,算法每个步骤的计算时间如表 2.

表2 本文景象匹配算法各部分运行时间

Table 2 Run-time of all parts of our scene matching algorithm

	CenSurE	BRIEF	Feature Matching	GroupRAC
Run-time	18 ms	5 ms	11 ms	6 ms

3 结论

针对景象匹配辅助惯性组合导航系统需要实时精确地获取飞行器位置信息的要求,给出了一种基于 BRIEF 描述符的高速景象匹配算法.实验分析表明,该算法能高速运行,在图像存在高噪音和大角度偏差的情况下,算法也能得到准确的匹配结果,优于

对几何变化和噪音敏感,在旋转角度为 4° ,尺度倍数为 1.1,噪音方差 0.1 时,平移误差几乎达到了 5.5 个像素,在更大旋转角度和噪音下就会导致匹配失败;但本文算法几乎不受影响,得到亚像素级匹配准确度,且旋转角度误差也非常小.

传统的景象匹配算法.

参考文献

- [1] CHEN Fang, XIONG Zhi, XU Yun-xi, *et al.* Research on the fast scene matching algorithm in the inertial integrated navigation system[J]. *Journal of Astronautics*, 2009, **6**(30): 2308-2316.
陈方,熊智,许允喜,等.惯性组合导航系统中的快速景象匹配算法研究[J]. *宇航学报*, 2009, **6**(30): 2308-2316.
- [2] XU Yun-xi, JIANG Yun-liang, CHEN Fang. Scene matching algorithm based on region covariance for INS integrated navigation system[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2011, **40**(3): 471-475.
许允喜,蒋云良,陈方.基于区域协方差的惯性组合导航景象匹配算法[J]. *光子学报*, 2011, **40**(3): 471-475.
- [3] LIU Jian-ye, LENG Xue-fei, XIONG Zhi, *et al.* Real-time multi-level scene matching algorithm for inertial integrated navigation system [J]. *Acta Aeronautica Et Astronautica Sinica*, 2007, **6**(28): 1401 - 1407.
刘建业,冷雪飞,熊智,等.惯性组合导航系统的实时多级景象匹配算法[J]. *航空学报*, 2007, **6**(28): 1401 - 1407.
- [4] XIONG Zhi, LIU Jian-ye, ZENG Qing-hua, *et al.* The study of image matching algorithm for scene matching aided navigation system[J]. *Journal of Image and Graphics*, 2004, **9**(1): 29-34
熊智,刘建业,曾庆化,等.景象匹配辅助导航系统中的图像匹配算法研究[J]. *中国图象图形学报*, 2004, **9**(1): 29-34.
- [5] LENG Xue-fei, LIU Jian-ye, XIONG Zhi, *et al.* Application of weighted hausdorff distance algorithm in SAR/INS scene matching[J]. *Control and Decision*, 2006, **1**(21): 42-45.
冷雪飞,刘建业,熊智,等.加权 Hausdorff 距离算法在 SAR/INS 景象匹配中的应用[J]. *控制与决策*, 2006, **1**(21): 42-45.

- [6] CALONDER M, LEPETIT V, STRECHA C, *et al.* BRIEF: Binary Robust Independent Elementary Features[C]. European Conference on Computer Vision, Heraklion, Greece; Springer, 2010.
- [7] AGRAWAL M, KONOLIGE K. CenSurE: Center surround extremas for realtime feature detection and matching[C]. In proceeding of 10th European Conference on Computer Vision (ECCV), 2008;102-115.
- [8] NI K, JIN H, DELLAERT F. GroupSAC: Efficient Consensus in the Presence of Groupings [C]. In Proceedings of the Twelfth International Conference on Computer Vision (ICCV), 2009.
- [9] MORISSET B, RUSUT R. B, SUNDARESAN A, *et al.* Leaving flatland; toward real-time 3D navigation[C]. IEEE International Conference of Robotics and Automation (ICRA), Kobe, 2009; 3786 - 3793.
- [10] KONOLIGE K, BQWMAN J, CHEN J D, *et al.* View-based maps[C]. Proceedings of Robotics; Science and Systems, USA; Seattle, 2009.
- [11] EBRAHIMI M, MAYOL-CUEVAS W. W. SUSurE: Speeded up surround extrema feature detector and descriptor for realtime applications[C]. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, Miami, FL, 2009; 9-14.
- [12] OZUYSAL M, CALONDER M, LEPETIT V, *et al.* Fast keypoint recognition using random ferns [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2010, **3**(32): 448 - 461.
- [13] KATHOLIEKE Universiteit. Affine Covariant Features[DB/OL]. (2007-07-15) [2011-05-15]. <http://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/research/affine>.
- [14] CHUM O, MATAS J. Matching with PROSAC - progressive sample consensus [C]. Proc of Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Washington DC, USA; IEEE Computer Society, 2005; 220-226.

High-speed Scene Matching Algorithm Based on BRIEF Descriptor for INS Integrated Navigation System

CHEN Fang^{1,2}, XU Yun-xi¹

(1 School of Information & Engineering, Huzhou Teachers College, Huzhou, Zhejiang 31300, China)

(2 College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: For the scene matching aided inertial integrated navigation system needs to get both the aircraft position errors and the course deviation relative to the present flight path simultaneously, a high-speed scene matching algorithm based on BRIEF descriptor is proposed, especially for device with the limited computing resources. First, center surround extremas is extracted. Then, feature points' s binary robust independent elementary features descriptor and match features are calculated by computing hamming distance between descriptors. Finally, group sampling consensus is adopted to remove the false matching points and the least square algorithm for getting the high accurate aircraft position and course deviation. Performance evaluation experiments for scene matching show that the proposed method is superior, better than traditional algorithm in matching adaptability, speed, accuracy and robustness. In the reference image with 250×250 pixels and real image with 160×160 pixels, the total computing time of algorithm is about 40ms. Therefore, the proposed algorithm can meet the high performance needs for matching navigation in the INS integrated navigation system.

Key words: Navigation system; Scene matching aided navigation; BRIEF descriptor; Image matching