

文章编号:1004-4213(2011)03-0471-5

# 基于区域协方差的惯性组合导航景象匹配算法

许允喜<sup>1</sup>, 蒋云良<sup>1</sup>, 陈方<sup>1,2</sup>

(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和航向偏差的要求,提出了一种基于区域协方差的实时图像匹配算法. 算法采用区域协方差矩阵的距离作为图像匹配时的相似性度量. 首先,对图像进行高斯平滑滤波,提取图像的多种特征计算区域协方差矩阵,利用金字塔多级匹配技术进行全局搜索,获得测试图在参考图中像素级匹配位置. 然后,利用全局匹配的结果,在实测图上选取多个局部区域,分别进行局部搜索匹配,获取参考图和实测图中一一对应的局部匹配集. 最后,利用 RANSAC 算法和最小二乘算法计算出两幅图像间的最优相似变换参量. 仿真分析表明,该算法能满足景象匹配辅助惯性组合导航系统实时性、精确性和鲁棒性的要求.

**关键词:**导航系统;景象匹配辅助导航;区域协方差;图像匹配;多级匹配

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb20114003.0471

## 0 引言

景象匹配辅助导航系统是一种利用机载高分辨率雷达或光电图像传感器实时获取地面景物图像,然后与机载计算机中预先存储的二维景象数字地图相比较,用于确定出飞行器位置的计算机导航系统. 由于图像匹配定位的准确度很高,因此可以利用这种精确的位置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.

由于惯性导航系统的误差漂移和气压高度表的测量误差造成用于景象匹配的实测图和数字地图之间有不同程度的旋转和尺度变化,因而匹配算法的鲁棒性和图像特征选取成为提高景象匹配辅助惯性组合导航系统效能的关键. 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.

国内外学者在雷达和光学图像匹配算法方面做了大量的研究工作<sup>[1-2]</sup>,取得了一定的成果. 其中基于部分 Hausdorff 距离(PHD)的景象匹配算法具有较强的抗干扰能力和容错能力而受到人们的关注,出现了许多改进算法和优化方法<sup>[3-5]</sup>. 但以部分 Hausdorff 距离作为图像匹配时相似性度量的景象匹配算法也有其固有的缺点:抗噪音、抗旋转尺度变化性能较差,算法运行时间长,实时性差.

本文提出了基于区域协方差的惯性图形组合导

航用实时图像匹配算法. 该算法采用区域协方差矩阵的距离作为图像匹配时的相似性度量,利用多级实时匹配技术来加速图像匹配过程,并应用图像精匹配算法精确定位出两幅图像间的最优相似变换参量. 仿真分析表明,提出的算法能满足景象匹配辅助惯性组合导航系统实时性、精确性和鲁棒性的要求. 与基于部分 Hausdorff 距离(PHD)的景象匹配算法相比,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.

## 1 区域协方差

在计算机视觉领域, Oncel Tuzel 等人在 2006 年提出了区域协方差<sup>[6]</sup>,用于目标跟踪检测和图像纹理分类中<sup>[7-9]</sup>,获得了较好的效果. 区域协方差实现了对图像多种特征的融合,对非刚体目标的几何变形、遮挡、视角以及光照变化等都有很强的适应性.

### 1.1 区域协方差矩阵

设  $I$  是一维灰度图像或三维颜色图像,假设图像中的目标区域大小为  $W \times H$ ,  $F$  是从图像  $I$  中提取出的  $W \times H \times d$  维图像特征<sup>[6]</sup>

$$F(x, y) = \phi(I, x, y) \quad (1)$$

$\phi$  可以是任何函数映射,例如灰度、颜色、梯度、滤波器响应值等. 对于一个给定区域  $R \subset F$ , 设  $\{z_k\}_{k=1 \dots n}$  是区域  $R$  内的  $d$  维特征点. 目标区域  $R$  的  $d \times d$  维

基金项目:国家自然科学基金(No. 60872057)和浙江省自然科学基金(No. Y1101237、No. R1090244、No. Y1080212)资助

第一作者:许允喜(1978-),男,讲师,博士研究生,主要研究方向为景象匹配、视觉导航及智能视频监控等. Email: xuyunxi@hutc.zj.cn

收稿日期:2010-09-25;修回日期:2010-12-09

协方差矩阵  $C_R$  定义为<sup>[6]</sup>

$$C_R = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (z_k - \mu)(z_k - \mu)^T \quad (2)$$

式中:  $\mu$  是特征点的均值, 即  $\mu = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n z_k$ ; 协方差矩阵  $C_R$  是一个  $d \times d$  维的实对称正定矩阵, 矩阵中对角线上的值表示每个独立的特征量, 非对角线上的值表示特征之间的相关量。

### 1.2 区域协方差矩阵的距离计算

两个协方差矩阵之间的相关性度量不属于欧式空间的问题, 许多欧式空间的距离度量方法不适用表征协方差矩阵之间的相关性. 文献[10]给出了两个协方差矩阵之间相关性度量的距离计算方法

$$\rho(C_1, C_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \ln^2 \lambda_i(C_1, C_2)} \quad (3)$$

式中,  $\{\lambda_i(C_1, C_2)\}_{i=1, \dots, n}$  是矩阵  $C_1$  和  $C_2$  的广义特征值, 可由式(4)计算得到

$$\lambda_i C_1 x_i - C_2 x_i = 0 \quad (i=1 \cdots d) \quad (4)$$

且  $x_i \neq 0$  为广义特征向量。

### 1.3 区域协方差矩阵的快速计算方法

由于利用积分图像对任何矩形区域和的计算时间与区域大小无关, 所以积分图像可用于区域和的快速计算<sup>[11]</sup>. 点  $(x', y')$  处的积分图像  $I_{\Sigma}(x', y')$  定义为由原点和  $(x', y')$  构成的矩形区域内所有像素值的和

$$I_{\Sigma}(x', y') = \sum_{x < x', y < y'} I(x, y) \quad (5)$$

积分图像中  $W \times H \times d$  维张量  $P$  定义为<sup>[6]</sup>

$$P(x', y', i) = \sum_{x < x', y < y'} F(x, y, i) \quad (i=1 \cdots d) \quad (6)$$

二次积分图像中  $W \times H \times d \times d$  维张量  $Q$  定义为<sup>[6]</sup>

$$Q(x', y', i, j) = \sum_{x < x', y < y'} F(x, y, i) F(x, y, j) \quad (i, j=1 \cdots d) \quad (7)$$

则  $d$  维向量  $P_{x,y}$  和  $d \times d$  维矩阵  $Q_{x,y}$  定义为<sup>[6]</sup>

$$P_{x,y} = [P(x, y, 1) \cdots P(x, y, d)]^T$$

$$Q_{x,y} = \begin{bmatrix} Q(x, y, 1, 1) \cdots Q(x, y, 1, d) \\ \vdots \\ Q(x, y, d, 1) \cdots Q(x, y, d, d) \end{bmatrix} \quad (8)$$

设  $R(x', y'; x'', y'')$  是一矩形区域, 左上角坐标为  $(x', y')$ , 右下角坐标为  $(x'', y'')$ , 则区域  $R(x', y'; x'', y'')$  的协方差为<sup>[6]</sup>

$$C_{R(x', y'; x'', y'')} = \frac{1}{n-1} [Q_{x'', y''} + Q_{x', y'} - Q_{x'', y'} - Q_{x', y''} -$$

$$\frac{1}{n} (P_{x'', y''} + P_{x', y'} - P_{x'', y'} - P_{x', y''}) \cdot (P_{x'', y''} + P_{x', y'} - P_{x'', y'} - P_{x', y''})^T] \quad (9)$$

式中,  $n = (x'' - x') \cdot (y'' - y')$ 。

## 2 基于区域协方差的惯性组合导航景象匹配算法

本文研究的景象匹配辅助惯性组合导航系统由于拍摄时间、拍摄角度、自然环境的变化和传感器本身的缺陷, 使拍摄的图像不仅受噪音的影响, 而且存在严重的几何畸变, 且景象匹配辅助导航需向飞行器提供实时精确的位置和航向修正信息. 因此, 为了满足景象匹配算法高准确度、高鲁棒性、低计算复杂度的性能要求, 本文提出了基于区域协方差的导航用图像匹配算法。

### 2.1 图像预处理

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. 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处理, 取得较好的滤波效果, 增加后续特征提取的鲁棒性。

### 2.2 图像特征选择

经过大量的实验, 本文选择像素坐标  $(x, y)$ , 像素的灰度值  $I(x, y)$ ,  $x$  和  $y$  方向上灰度值的一阶导数  $I_x(x, y)$  和  $I_y(x, y)$  作为特征. 那么图像中每个像素点就是一个 5 维的特征向量

$$F(x, y) = [x \ y \ I(x, y) \ I_x(x, y) \ I_y(x, y)]^T \quad (10)$$

对于相同大小的图像区域. 虽然像素坐标  $(x, y)$  具有相同的值, 但是在协方差矩阵非对角线位置上, 空间位置信息特征和其它特征的相关量却包含着图像区域的结构信息。

### 2.3 金字塔多级匹配算法

如果计算整个实测图大小区域的协方差矩阵, 在参考图中搜索有相似协方差矩阵的区域, 把协方差矩阵距离最小值的匹配点作为最佳匹配位置点, 如此搜索的定位准确度不高, 容易受干扰影响, 鲁棒性不高. 本文利用金字塔多级匹配方案, 匹配方案见图 1。

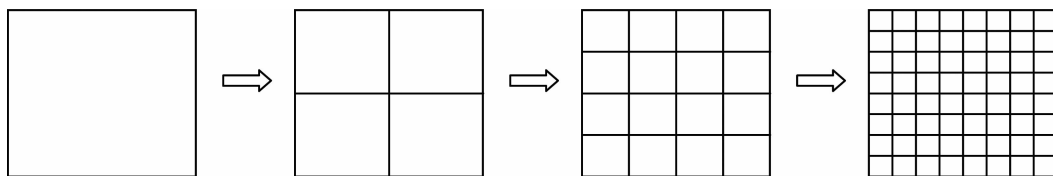


图 1 金字塔多级匹配方案

Fig. 1 Hierarchical pyramid matching

匹配步骤为:

**第 0 级** 根据式(9)计算整个实测图区域的协方差矩阵( $C_0^T$ ),在参考图中搜索有相似协方差矩阵( $C_0^R$ )的区域,其中距离的求解参见式(3),算法采用穷举搜索.最后保留参考图的  $K_0$  个最佳候选匹配位置

$$\rho(T, R) = \rho(C_0^T, C_0^R) \quad (11)$$

**第 1 级** 将实测图区域分为  $2 \times 2$  个子区域,计算每个子区域的协方差矩阵( $C_1^T, C_2^T, C_3^T, C_4^T$ ).在参考图的  $K_0$  个最佳候选匹配位置上计算  $2 \times 2$  个子区域的协方差矩阵( $C_1^R, C_2^R, C_3^R, C_4^R$ )

$$\rho(T, R) = \sum_{i=0}^4 \rho(C_i^T, C_i^R) \quad (12)$$

保留参考图的  $K_1$  个最佳候选匹配位置.

**第 N 级** 将实测图区域分为  $2N \times 2N$  个子区域,计算每个子区域的协方差矩阵( $C_1^T, C_2^T, \dots, C_{2N}^T$ ).在参考图的  $K_{N-1}$  个最佳候选匹配位置上计算  $2N \times 2N$  个子区域的协方差矩阵( $C_1^R, C_2^R, \dots, C_{2N}^R$ )

设  $M = 2^0 + 2^1 + \dots + 2^{2N}$ , 则

$$\rho(T, R) = \sum_{i=0}^M \rho(C_i^T, C_i^R) \quad (13)$$

由 1.3 节知,由于采用了图像积分可以快速计算任意区域的协方差矩阵,金字塔多级匹配方案的计算资源主要消耗在式(3)的协方差矩阵距离计算上.整个金字塔多级匹配方案的协方差矩阵距离计算复杂度为:  $O(1 \times I_{size} + K_0 \times 4 + K_{N-1} \times 2^{2N})$ .  $I_{size}$  为第 0 级的穷举搜索的位置数,该值与参考图和实测图的大小有关,远大于  $K_0, \dots, K_{N-1}$ .

## 2.4 图像精匹配算法

图像精匹配算法利用金字塔多级全局匹配的结果,在实测图上选取多个局部区域,分别进行局部搜索匹配,获取参考图和实测图中一一对应的局部匹配集,再利用 RANSAC 算法和最小二乘算法得到鲁棒精确的位置信息和航向偏差.

### 2.4.1 惯性组合导航系统中图像精确匹配模型

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的小范围内的尺度变化.

设惯性导航航向漂移误差为  $\theta$ , 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  $c$ , 则有式(14)的关系

$$\begin{bmatrix} x_{ai} \\ y_{ai} \end{bmatrix} = c \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{bi} \\ y_{bi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix} \quad (14)$$

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  $\theta$  和位置误差  $(t_x, t_y)$ .

### 2.4.2 图像局部区域匹配

在实测图中任取  $N$  个局部区域,在参考图中搜索与这  $N$  个局部区域匹配的  $N$  个匹配位置.设金字塔多级匹配算法计算出的实测图在参考图中的匹配点为  $(t_{x0}, t_{y0})$ ,在实测图  $(x_1, y_1)$  位置取一局部区域  $R_1$ .在不考虑尺度变换、旋转变形及金字塔多级匹配误差的情况下,则局部区域  $R_1$  在参考图中的匹配位置为:  $(t_{x0} + x_1, t_{y0} + y_1)$ .

以该位置点为中心在参考图中搜索与局部区域  $R_1$  有相似协方差矩阵的区域,利用此时的定位信息并结合尺度变换、旋转变形及金字塔多级匹配平移估计误差造成的位置偏差,来截取搜索区域 A.经过金字塔多级匹配得到的参考图和实测图之间的平移变化已经可以控制在很小范围内,通常在几个像素以内;而尺度变换、旋转变形引起的位置偏差也可预估.以中等准确度惯性导航系统为例,在没有任何外部修正信息的情况下,其航向偏差将达到  $10^\circ/h$ ;而气压高度表的准确度则相对较高,误差随飞行高度呈近似线性变化,一般气压高度误差对尺度方面的影响仅仅在正负 1.1 倍左右<sup>[3]</sup>.

因此,搜索区域 A 的大小必须结合预估的定位误差进行选择,以确保该区域内包含局部区域  $R_1$  的真实匹配位置信息,以减小区域 A 选择不合理带来的匹配算法误差.获取参考图和实测图中一一对应的局部匹配集后,再利用 RANSAC 算法<sup>[12]</sup> 和最小二乘算法<sup>[2]</sup> 得到鲁棒精确的位置信息和航向偏差.

## 2.5 基于区域协方差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用情况,给出了整体的用于组合导航系统的基于区域协方差的图像匹配算法.具体实现步骤如图 2.

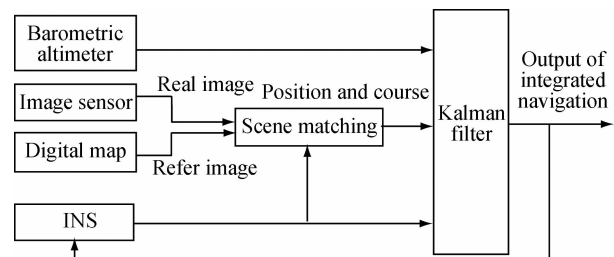


图 2 惯性/景象匹配组合导航系统

Fig. 2 INS/scene matching integrated navigation system

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的真实位置的信息,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 的区域协方差;

4) 利用 2.3 节金字塔多级匹配算法搜索得到实测图在参考图 B 中的位置;

5) 利用 2.4 节图像精匹配算法得到高准确度的航向和位置偏差信息;

6) 利用步骤 5) 的结果来修正此时惯性导航的位置信息和航向信息;

7) 此时,一次匹配完成,如航迹未完,继续从步骤 1) 开始匹配.

### 3 图像匹配性能评价实验

为了验证本文算法的有效性,利用光学卫星图像进行匹配仿真实验.实验选取参考图为  $160 \times 160$ ,实测图为  $80 \times 80$  的图像作为测试对象,金字塔匹配方案为 4 级,如图 1.  $K_0$  取 200,  $K_1$  取 50,  $K_2$  取 10,则金字塔多级匹配方案的协方差矩阵距离计算复杂度为:  $O(1 \times 81 \times 81 + 4 \times 200 + 16 \times 50 + 64 \times 10)$ . 景象匹配算法的性能指标主要有:抗噪音、抗旋转尺度变换、匹配准确度及实时性能.

#### 3.1 抗噪音、抗旋转尺度变换及匹配准确度分析

从大量图像的景象匹配实验统计结果表明:本文算法的抗噪音、抗旋转尺度变换及匹配准确度都优于基于 PHD 的景象匹配算法<sup>[3-5]</sup>(文本以文献 3 的惯性组合导航系统的实时多级景象匹配算法作为对比的 PHD 算法),图 3、图 4 以及表 1 给出了二组匹配结果.在边缘特征不明显的区域,本文算法也能正确匹配,而基于 PHD 的景象匹配算法则匹配失败,如图 3(实验条件为旋转  $3^\circ$ ,尺度变换 1.1 倍,高斯噪音为 0.1).图 4 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:PHD 算法在较大旋转和较高噪音下,即使能得到匹配点,其误差也较大,在大的旋转和高噪音下则匹配失败;本文算法即使在大的旋转和高噪音下也能得到精确的匹配结果.

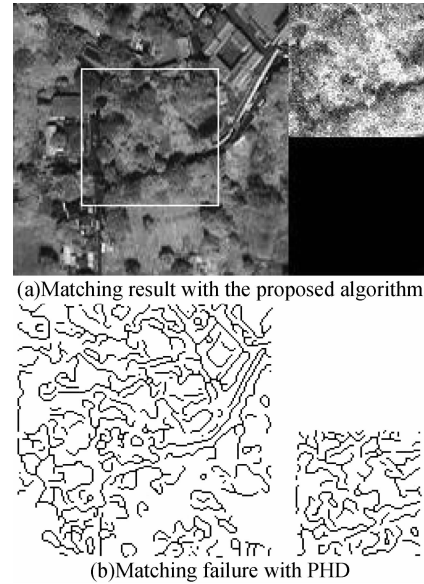


图 3 边缘特征不明显区域的景象匹配结果对比  
Fig. 3 Comparison of scene matching results without obvious edge features

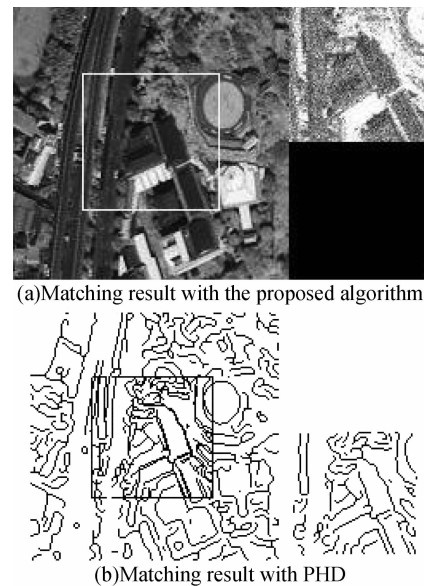


图 4 边缘特征明显区域的景象匹配结果对比  
Fig. 4 Comparison of scene matching results with obvious edge features

表 1 景象匹配结果比较

Table 1 Comparison of scene matching results

Rotation	Scale	True position	Noise levels	Matching result		
				The proposed algorithm		PHD
				Position	Rotation	Position
0	1		0	40,40	0	40,40
3	1.1		0.05	40.1,40.3	3.2	41,39
5	1.1	40,40	0.1	40.5,40.4	4.8	45,42
7	1.1		0.1	40.5,40.5	7.3	No matching
9	1.1		0.2	40.9,39.4	8.4	No matching

### 3.2 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,本文算法的运行时间约为 0.1 s,而 PHD 算法的运行时间约为 1 s.本文算法的计算时间仅为 PHD 算法的十分之一,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.

## 4 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,给出了一种快速有效的基于区域协方差的图像匹配算法.该算法在以图像区域的协方差矩阵距离作为图像匹配相似性度量的基础上,结合高斯滤波、多级匹配、局部匹配,实现了图像实时、精确匹配.实验分析表明,该算法能大大缩短算法运行时间,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.

### 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] XIONG Zhi, LIU Jian-ye, LENG Xue-fei. The study of precision image matching algorithm for scene matching aided navigation system[J]. *Journal of Astronautics*, 2006, **27**(4): 680-685.  
熊智,刘建业,冷雪飞.景象匹配辅助导航系统中的精确图象匹配算法研究[J]. *宇航学报*, 2006, **27**(4): 680-685.
- [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] TUZEL O, PORIKLI F, MEER P. Region covariance: a fast descriptor for detection and classification[C]. *IEEE European Conference on Computer Vision (ECCV)*, Gratz, 2006: 589-600.
- [7] PORIKLI F, TUZEL O, MEER P. Covariance tracking using model update based on Lie algebra[C]. *IEEE Conference On Computer Vision and Pattern Recognition*, New York, NY, 2006: 728 - 735.
- [8] TUZEL O, PORIKLI F, MEER P. Pedestrian detection via classification on riemannian manifolds[J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2008, **10**(30): 1713 - 1727.
- [9] YAO J, ODOBEZ J M. Fast human detection from videos using covariance features [C]. *In ECCV 2008 Visual Surveillance Workshop*, 2008.
- [10] FORSTNER W, MOONEN B. A metric for covariance matrices[R]. Stuttgart: Stuttgart University, 1999.
- [11] VIOLA P, JONES M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features[C]. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Kauai, 2001: 511-518.
- [12] FISCHER M, BOLLES R C. Random sample consensus: a paradigm for model fitting and automatic cartography [J]. *Communications of the ACM*, 1981, **6**(24): 381-395.

## Scene Matching Algorithm Based on Region Covariance for INS Integrated Navigation System

XU Yun-xi<sup>1</sup>, JIANG Yun-liang<sup>1</sup>, CHEN Fang<sup>1,2</sup>

(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:** 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 real-time scene matching algorithm based on region covariance was proposed. The distance of region covariance matrixes as the similarity measuring for image matching was introduced. Firstly, the image was smoothed by a Gaussian filter, and features of the image were extracted. Global searching algorithm using multi-level pyramid matching was put forward. Then, multiple local regions in real image was selected, and local searching and matching was utilized. The local match set between real image and reference image was obtained. Finally, the least square algorithm and RANSAC method were applied to get the distortion transformation parameters between real image and reference image. The results of simulation show that the proposed image matching algorithm can satisfy the accuracy demands of scene aided navigation system and provide the system location and course error-correcting information.

**Key words:** Navigation system; Scene matching aided navigation; Region covariance; Image matching; Hierarchical matching