

文章编号: 1672-8785(2008)02-0005-04

一种基于 RANSAC 基本矩阵估计的 图像匹配方法

郭红玉, 王 鉴

(中北大学电子测试技术重点实验室, 山西太原 030051)

摘 要: 图像匹配的关键是建立两幅图像之间的对应关系, 通过极线约束, 可以达到这一目的。两幅图像之间的外极几何关系可由基本矩阵描述。噪声干扰和对应点中的误匹配增加了基本矩阵估计的难度。本文提出一种坐标归一化后基于 RANSAC 的基本矩阵估计方法, 有效地解决了因存在误匹配而导致的估计结果恶化。结果表明, 所提出的方法具有较高的匹配精度。该方法也可用于红外图像中的目标检测。

关键词: 图像匹配; 基本矩阵; 归一化; RANSAC

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A

An Image Matching Method Based on RANSAC Algorithm for Estimation of Fundamental Matrix

GUO Hong-yu, WANG Jian

(National Key Laboratory For Electronic Measurement Technology, North University
of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: The key of image matching is to establish the correspondence between two images. This can be achieved by using the constraint of epipolar line. The epipolar geometric relationship between two images can be described by the fundamental matrix. Because of the noise disturbance and correspondence outliers, it is difficult to estimate the fundamental matrix. In this paper, a method based on the RANSAC algorithm for fundamental matrix estimation after coordinate normalization is put forward. Thus, the estimation error due to the mismatching points is eliminated. The result shows that the above method has a higher matching precision and can also be used to detect the objects in infrared images.

Key words: image matching; fundamental matrix; normalization; RANSAC

1 引言

在计算机视觉中, 从不同视点采集的两幅图像中的同一物体空间点的对应之间存在着一定的约束关系, 这就是极线几何约束关系。基本矩阵包含了由不同视点处得到的图像之间的重要的几何关系, 描述了对应点之间应满足的极

线约束条件; 包含了两台摄像机之间或者单个摄像机的运动参数。基本矩阵的估计是三维重建、运动估计、相机标定、匹配和跟踪的基础, 准确估计基本矩阵是计算机视觉中的一个重要课题^[1,2]。

基本矩阵给出了摄影几何意义下三维重建

收稿日期: 2007-10-18

基金项目: 国家重点实验室基金 (9140C1204020608)

作者简介: 郭红玉 (1982—), 女, 山西朔州人, 中北大学 (原华北工学院) 通信与信息工程学院硕士研究生, 研究方向为信号与信息处理、计算机视觉、图像处理。

所需要的双摄像机的全部参数, 称求解基本矩阵为双摄像机的弱标定。常用的方法有基于代数误差的线性估计、基于几何误差的非线性优化和基于 RANSAC 思想的自动估计算法。线性方法的优点是计算时间少, 而非线性方法和自动估计算法的优点是可以得到更精确的结果, 但缺点是相当耗时。

针对这一问题, 本文提出一种基于 RANSAC 算法的基本矩阵估计方法。

2 基本矩阵的描述^[3,4]

基本矩阵是外极几何的代数表达式。它可以从一个图像点与其极线之间的映射关系得到。如图 1 所示, 左图像上的每个点在右图像上都有一条对应的极线 I' 。任何对应于左图上点 u 的点 u' 一定落在极线 I' 上。基本矩阵 F 是一个 3×3

$$\begin{bmatrix} u_i u'_i & u_i v'_i & u_i & v_i u'_i & v_i v'_i & v_i \\ & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u'_i \\ v'_i \\ 1 \end{bmatrix} = 0 \quad (3)$$

如果式 (3) 左侧的矩阵记为 A , 则有

$$Af = 0 \quad (4)$$

通常对基本矩阵求解的方法有 8 点的线性方法、7 点的非线性方法和 RANSAC 的鲁棒性方法。本文先对图像坐标进行归一化变换, 然后采用 RANSAC 的方法来进行基本矩阵的估计。

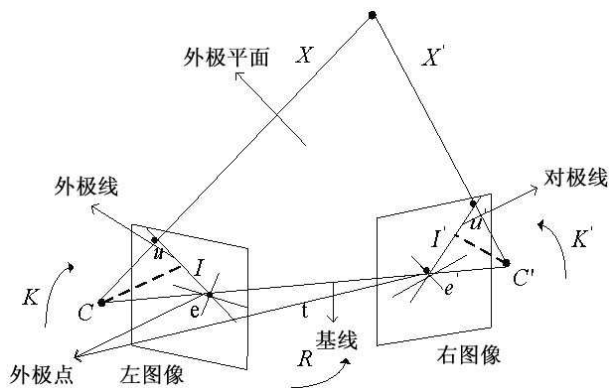


图 1 3D 空间中的几何极线

秩为 2 的矩阵。如果在三维空间中有一点 X , 在左图像中映射为 u , 在右图像中为 u' , 那么基本矩阵满足如下的关系式:

$$U^T F U' = 0 \quad (1)$$

在齐次坐标系中的一个图像矢量可以写成 $U^T = [u_i, v_i, 1]$ 。由于 3×3 的基本矩阵 F 在相差一个尺度的意义下是确定的, 它只有 8 个未知量, 8 个对应点对产生 8 个矩阵方程:

$$\begin{bmatrix} u_i & v_i & 1 \end{bmatrix} F \begin{bmatrix} u'_i \\ v'_i \\ 1 \end{bmatrix} = 0 \quad (2)$$

将基本矩阵的元素改写为一个列矢量 $f^T = [f_{11}, f_{12}, \dots, f_{33}]$, 式 (2) 可以重写为一个线性方程:

$$\begin{bmatrix} u_i & v_i & 1 \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{11} \\ f_{12} \\ \vdots \\ f_{33} \end{bmatrix} = 0 \quad (3)$$

3 RANSAC 的基本矩阵估计^[5]

RANSAC 是由 Fischler 和 Bolles 提出的一种鲁棒性估计方法。其基本思想是, 在进行参数估计时, 不是不加区分地对待所有可能的输入数据, 而是首先针对具体问题设计出一个搜索引擎, 利用此搜索引擎迭代地剔除那些与所估计的参数不一致的输入数据 (Outliers), 然后利用正确的输入数据来估计参数。

图 2 所示为总体流程图。

3.1 图像坐标归一化

为了提高基本矩阵的估计精度, 可以对图像坐标进行归一化变换。在此坐标系下的基本矩阵估计优于其他坐标系。它包括以下两步:

(1) 对图像点做位移变换, 使得图像的原点位于图像点集的质心;

(2) 对图像点做缩放变换, 使得图像点分布在以质心为圆心、半径为 $\sqrt{2}$ 的圆内。

3.2 特征点提取^[6]

1988 年, Harris 和 Mike Setphens 提出了一种角点和边缘检测相结合的方法, 也就是 Harris 角点检测算法。首先, 为两幅图像的每个像素点计算一个求角点的响应函数:

$$R(x, y) = \det M(x, y) - k(\text{trace} M(x, y))^2 \quad (5)$$

式中, $k = 0.04$ (Harris 的建议值)。

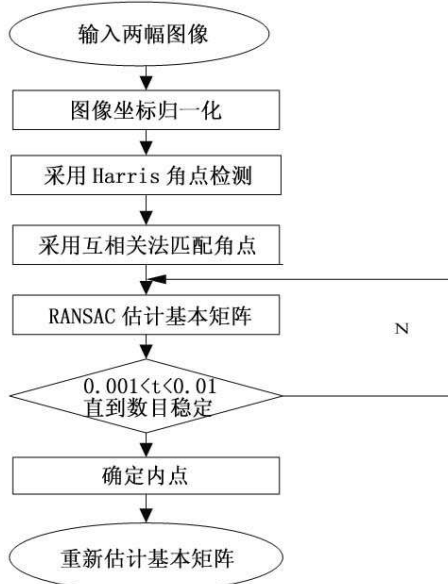


图 2 总体流程图

$$M(x, y) = \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 & \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial I}{\partial y}\right) \\ \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial I}{\partial y}\right) & \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

在矩阵 M 中, $I(x, y)$ 表示 (x, y) 像素点的灰度

值, R 的局部极值点被认为是提取的角点。在实际中, 可以通过改变 R 的值来确定要提取的角点的数目。

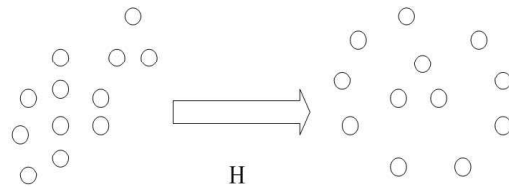


图 3 图像点变换

3.3 RANSAC 估计基本矩阵

由于图像内容复杂, 提取出的特征点较多, 在搜索对应点的过程中很容易产生误匹配 (Outliers), 可以用 RANSAC 方法剔除错误的匹配点。本文通过迭代地随机抽取最小点集来找到能够使 Inliers 所占比例最高的最小点集; 用此最小点集估计的基本矩阵和所识别出的 Inliers 一起进行进一步非线性优化, 从而得到最终的基本矩阵估计值。

(1) 根据输入数据多次随机取样, 建立数据点模型 M ;

(2) 从已建立的模型中划分出多个模型, 其中一部分模型在 M 的误差范围内, 一部分不在 M 的误差范围内, 将不满足误差范围的模型 M 的输出设为 0;

(3) 以点和模型集 x 之间的距离 t 为依据, 如果在距离范围 t 内, 在 x 中返回的检索点就被认为是内点。

本算法中 t 的取值范围为 0.001 到 0.01, 建立非退化模型的初始值设为 100, 循环次数设为



(a)



(b)

图 4 实验原图



图 5 Harris 角点检测后的图像



图 6 推定的匹配点

图 7 实际的匹配点

1000。

4 实验与结论

从网站 <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/cil/ftp/html/v-images.html> 下载测试图组 tree1 和 tree2(见图 4 ~ 图 7)。通过本算法, 首先对图组进行 Harris 角点检测, 然后进行预匹配, 初次推测匹配点为 422 个, 实际界内点为 379, 精度为 90%, 直线连接的两点为两幅图像的匹配点。图中, 绿色为极点, 红色为投影点。

通过本文提出的方法能够有效地去除误匹配, 使得匹配更加准确, 提高了匹配精度。该方法不仅可以用于可见光图像, 也可用于红外图像。由于该方法可以检测到图像中各像素点的明暗(亮度)情况, 可以对序列红外图像中的目标进行匹配, 进而将其检测出来, 故可以作为一种红外图像中目标的检测方法。

参考文献

- [1] 舒远, 谈正, 丁礼儒. 基于高精度匹配点的对极几何估计 [J]. 工程图学学报, 2005, (5): 89-92.
- [2] 马永壮, 刘伟军. 基于射影空间的视觉基础矩阵鲁棒估计 [J]. 机器人, 2005, 27(6): 545-549.
- [3] Richard Hartley, Andrew Zisserman. Multiple View Geometry in Computer Vision [J]. Cambridge University Press, June 2000, 239-246.
- [4] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. Image Processing, Analysis, and Machine Vision (second edition) [J]. POSTS & TELECOM PRESS, 2003, 316-321.
- [5] 高晟丽, 陈杰, 李海滨. 基于 MATLAB 的基本矩阵随机采样鲁棒估计 [J]. 海洋测绘, 2006, 26(3): 31-33.
- [6] Chris Harris, Mike Stephens. A Combined Corner and Edge Detector [C]. Proceeding Alvey Vision Conference, 1988, 189-192, 147-151.