

6-5-2020

## 3D Scene Reconstruction Based on Mismatching Eliminating Algorithm

Liping Lin

*School of Information, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China;*

Yaping Zhang

*School of Information, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China;*

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

---

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

---

## 3D Scene Reconstruction Based on Mismatching Eliminating Algorithm

### Abstract

**Abstract:** *For the case of mismatching in feature detection and matching based on SIFT algorithm, a method based on RANSAC is proposed in this paper to eliminate false matches.* RANSAC treats all input data differently. An objective function is created and its parameters are estimated by iterative algorithm. All the data are divided into two categories based on the estimated parameters and the points that satisfy the estimated parameters are reserved and the points which do not satisfy the estimated parameters are eliminated. And then the function parameters are re-estimated with all the satisfied points. Experiment results show that this method can effectively eliminate the mismatching points in the 3D model.

### Keywords

3D reconstruction, mismatching eliminating, RANSAC, estimated parameters

### Recommended Citation

Lin Liping, Zhang Yaping. 3D Scene Reconstruction Based on Mismatching Eliminating Algorithm[J]. Journal of System Simulation, 2017, 29(11): 2644-2648.

# 基于错配剔除的三维重建研究

林丽萍, 张亚萍

(云南师范大学 信息学院, 云南 昆明 650500)

**摘要:** 针对基于 SIFT(Scale-invariant feature transform)算法的特征检测与匹配存在错误匹配的情况, 采用了随机抽样一致性算法对错配点进行剔除, 通过有针对性地对待所有输入数据, 创建一个目标函数, 使用迭代算法估计出该目标函数的参数, 依据所估计出的参数把所有的数据分为两种, 保留满足估计参数的所有点, 剔除不满足估计参数的所有点, 再在全部的满足估计参数的点中重新估计出函数的参数。实验结果表明, 该方法可有效剔除三维模型中的误匹配点。

**关键词:** 三维重建; 错配剔除; 随机抽样一致性算法; 估计参数

中图分类号: TP391.72

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2017) 11-2644-05

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201711007

## 3D Scene Reconstruction Based on Mismatching Eliminating Algorithm

Lin Liping, Zhang Yaping

(School of Information, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China)

**Abstract:** For the case of mismatching in feature detection and matching based on SIFT algorithm, a method based on RANSAC is proposed in this paper to eliminate false matches. RANSAC treats all input data differently. An objective function is created and its parameters are estimated by iterative algorithm. All the data are divided into two categories based on the estimated parameters and the points that satisfy the estimated parameters are reserved and the points which do not satisfy the estimated parameters are eliminated. And then the function parameters are re-estimated with all the satisfied points. Experiment results show that this method can effectively eliminate the mismatching points in the 3D model.

**Keywords:** 3D reconstruction; mismatching eliminating; RANSAC; estimated parameters

## 引言

基于图像的三维重建是摄像机拍摄照片的逆过程, 它是一种计算机图形学和计算机视觉相结合的技术, 通过对物体或场景实拍的图像或图像对来恢复场景几何及相机参数信息<sup>[1]</sup>。特征点检测与匹配、摄像机定标、三维点云的重建是进行基于图像的三维重建的几个关键步骤。其中, 在进行特征点

匹配时, 由于二维图像的旋转和尺度缩放会产生图像所记录的对象出现变形的情况, 或者因为其他物体的遮挡而使对象无法完全显示, 匹配结果中可能有错误匹配的情况, 因而需要采用一定的方式剔除错误的匹配结果, 从而获取更为精确的三维重建结果。

现在常用的剔除错误匹配的方法有基于不变因子的剔除 SIFT 误配点方法<sup>[1]</sup>、双向匹配算法<sup>[2]</sup>、随机抽样一致性算法<sup>[3]</sup>。基于不变因子的剔除 SIFT 误配点方法通过存在于正确的匹配对之间的旋转不变因子去除存在于 SIFT 算法匹配结果中的错误匹配点<sup>[1]</sup>, 该方法对于不具有明显旋转不变性和尺



收稿日期: 2016-05-31      修回日期: 2016-09-08;  
基金项目: 国家自然科学基金(61262070, 61462097);  
作者简介: 林丽萍(1991-), 女, 云南巍山, 硕士生,  
研究方向为计算机图形学; 张亚萍(1979-), 女, 云南  
凤庆, 博士, 副教授, 硕导, 研究方向为计算机图形  
学, 并行计算。

<http://www.china-simulation.com>

• 2644 •

度不变性的匹配点对效果一般; 双向匹配算法是将两次匹配中的二维图像的顺序进行交换, 然后提取出两次匹配后特征点集的交集部分, 也就是取出坐标值完全相同的所有特征点, 将坐标值不完全相同的特征点剔除<sup>[2]</sup>, 该方法需要进行两次匹配运算, 较为耗时; 随机抽样一致性算法主要通过反复迭代、不断测试来进行误匹配点剔除, 具有较强的鲁棒性。本文正是采用了鲁棒性较强的随机抽样一致性算法来剔除匹配结果中的错误匹配对。

## 1 基于多幅图像的三维重建

基于多幅图像序列的三维场景重建是通过提取物体的二维图像信息来恢复物体在真实空间中的三维信息, 其主要步骤包括: 图像序列的采集、图像特征点的检测与匹配、摄像机的标定、稀疏三维点云的重建。

(1) 基于 SIFT 算法的特征点检测与匹配: 为了实现 SIFT 算法, 首先应当建立尺度空间, 在各个尺度空间中检测出特征点, 大致确定出特征点所处的尺度和位置, 从而实现尺度不变性, 接着精确定位特征点的位置, 然后将特征点梯度的主方向设置为该特征点的方向<sup>[4]</sup>, 从而实现特征点对方向的无关性, 接着对生成的特征点进行特征描述, 最后利用关键点特征向量的欧式距离为两幅图像中关键点的相似性判断的依据, 进行特征点匹配。

(2) 基于运动恢复算法的摄像机自标定: 基于运动恢复的摄像机自标定是从二维图像序列中恢复出摄像机的运动信息, 从而计算得出摄像机的内参和外参<sup>[5]</sup>。主要步骤是先抽取每幅二维图像中的特征点接着进行特征点匹配, 分析特征点的运动轨迹<sup>[6]</sup>, 依据特征点之间的相互匹配关系和计算机视觉算法得出特征点在三维空间中所对应的点, 获取初步的投影矩阵, 然后分解出摄像机的内参数和运动方位<sup>[7]</sup>, 化投影结构为欧式结构, 获取到三维场景的稀疏重建结构。

(3) 基于 PMVS 算法(patch-based multi-view stereo)的三维重建: 基于 PMVS 算法的三维重建先

从所有输入二维图像中抽取出特征点, 接着使用特征点匹配算法获取种子点<sup>[8]</sup>, 然后将获取到的特征匹配点定义为种子面片, 再利用扩散种子面片的方式获取稠密的三维空间模型, 直到能够将物体或场景的表面全部覆盖为止<sup>[9]</sup>。通常情况下, 利用 PMVS 算法想要获取到较好的重建结果, 需要进行多次过滤操作和扩展操作。

## 2 随机抽样一致性算法

随机抽样一致性算法是 Fischler 和 Bolles<sup>[10]</sup>于 1981 年提出的。该算法首先给要解决的问题创建一个目标函数, 然后用迭代算法估计出该目标函数的参数, 依据所估计出的参数把所有的数据分为两种: 一种称为“内点”, 一种称为“外点”, 内点表示满足估计参数的所有点<sup>[11]</sup>, 外点表示不满足估计参数的点<sup>[12]</sup>, 然后把全部的外点剔除掉, 再在全部的内点中重新使用迭代算法估计出函数的参数。

随机抽样一致性算法首先从整个数据集中随机地抽取最小的抽样集<sup>[13]</sup>, 并利用所抽取出的抽样集计算出对应的相关模型参数的初始值, 然后利用估算出来的模型找寻整个数据集当中存在的其他内点, 然后去除外点, 通过这样的方式来尽可能地降低外点对整体估计的干扰。

针对本文的应用, 随机抽样一致性算法流程如图 1 所示, 算法具体描述如表 1 所示:

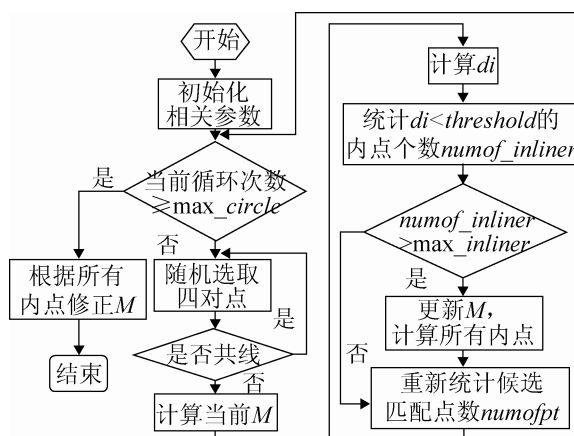


图 1 随机抽样一致性算法流程  
Fig. 1 Random sample consensus flow

表 1 随机抽样一致性算法流程  
Tab. 1 Random sample consensus flow

输入: 两幅平面图像中的初始匹配点对
输出: 两幅平面图像之间的变换矩阵
(1) 初始化相关的参数;
(2) 从样本集中任意抽取四对不在一条直线上的匹配点对作为初始的随机样本, 根据归一化线性变换求取局部变换矩阵 $M$ 中的 8 个对应的未知参数;
(3) 通过计算出的局部 $M$ 来求取特征点对的反投影误差距离 $a_i$ , 统计当满足 $d_i < threshold$ 时, 内点的个数 $numof\_inliner$ , 若 $numof\_inliner \geq max\_inliner$ , 则更新当前 $M$ , 并且计算所有内点的数量;
(4) 依据所有内点重新计算变换矩阵 $M$ , 继续执行(3), 直到循环次数超过 $max\_circle$ 。

其中, 最大内点数  $max\_inliner=0$ , 最大循环次数  $max\_circle=1\ 000$ ,  $numof\_inliner$  为当前  $M$  所对应的内点数。反投影误差阈值  $threshold$  的取值一般为 0.0001–0.01。反投影误差距离的计算较为复杂, 其定义如下:

假设两幅二维图像中的一对特征点  $m_i = (u, v, 1)^T$ ,  $m'_i = (u', v', 1)^T$ , 变换矩阵  $M$  满足方程  $m_i^T M m'_i = 0$ , 通过归一化线性变换估计出变换矩阵  $M^{[14]}$ 。计算  $m_i$  进行变换后的坐标到  $m'_i$  其对应点的距离  $d(m'_i, H m_i)^2$ , 对  $m'_i$  做相同的计算得到距离  $d(m_i, H^{-1} m'_i)^2$ 。

$$d_i = \sum_i (d(m'_i, H m_i)^2 + d(m_i, H^{-1} m'_i)^2) \quad (1)$$

随机抽样一致性算法在把循环次数置为无穷大的条件下, 可从包含很多的错误点对的点集中较为稳定地估算出对应模型的参数, 在本文中, 把最大循环次数  $max\_circle$  设为 1 000, 在进行了 1 000 次循环后必然能估计出非常稳定的模型参数, 并且达到去除外点的目的。

### 3 利用随机抽样一致性算法进行错配剔除实验

本文的实验是在处理器为 Intel(R) Core(TM) i3 CPU M 380, 主频为 2.53 GHz, 内存为 2.00 GB 的 PC 机上, 在 Visual Studio 2010 编译环境中进行的, 所采集到的建筑物的图像为同一相机以同一焦

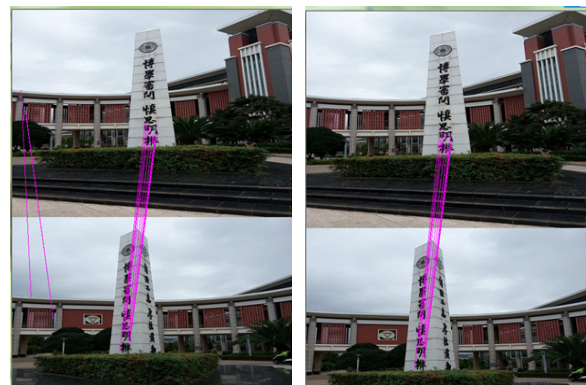
距在不同距离以及不同角度拍摄得到, 共有 19 张, 如图 2 所示。



图 2 输入图像组

Fig. 2 The input image group

图 3(a)显示了其中某对图像组合的特征点对相互匹配结果, 由该图可发现匹配结果中存在错误匹配。图 3(b)则是加入随机抽样一致性算法剔除错误匹配后的结果图。特征点错配剔除前有 14 对匹配对, 错配剔除后有 10 对匹配对, 剔除 4 对匹配对, 由此可见, 随机抽样一致性算法在一定程度上达到了错配剔除的目的。



(a) 错配剔除前

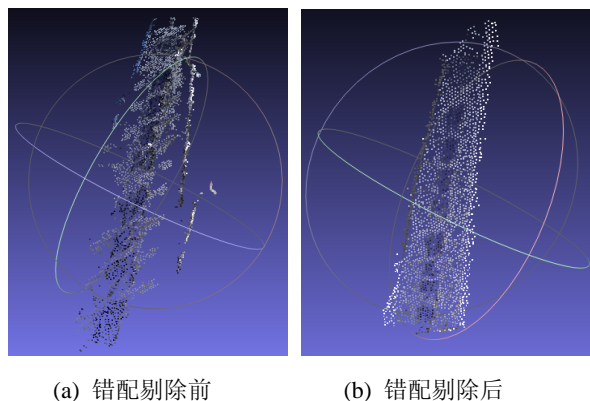
(b) 错配剔除后

图 3 建筑物图像特征点错配剔除匹配效果

Fig. 3 Matching effect of removed mismatch for building image feature points

将匹配后的特征点输入进行摄像机自标定并得到三维场景的稀疏点云结构, 这些三维点云在空间坐标系中的分布情况如图 4(a)和图 4(b)所示, 图 4(a)中的点云结构较为杂乱, 主体部分周围分布着大量干扰点, 与之对比, 图 4(b)中经过错配剔除

后输入的匹配点重建出来的稀疏三维点云能大致看出对象物体的轮廓, 且对对象物体周围分布着的杂点较少, 进一步说明了错配剔除在本文中应用的有效性。

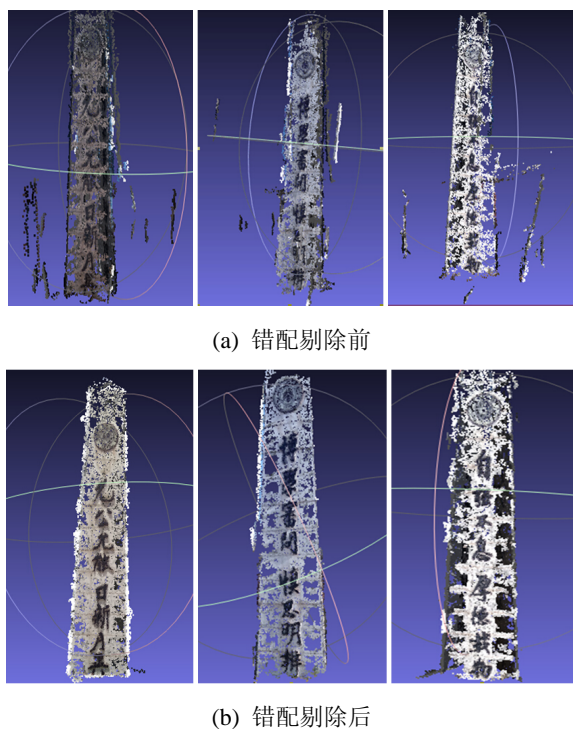


(a) 错配剔除前 (b) 错配剔除后

图 4 错配剔除的稀疏点云

Fig. 4 Removed mismatch for sparse point clouds

输入稀疏的三维点云, 运用 PMVS 算法进行稠密化处理, 处理结果如图 5(a)(b)所示, 其中图 5(a)为错配剔除前的重建效果, 5(b)为错配剔除后的重建效果。



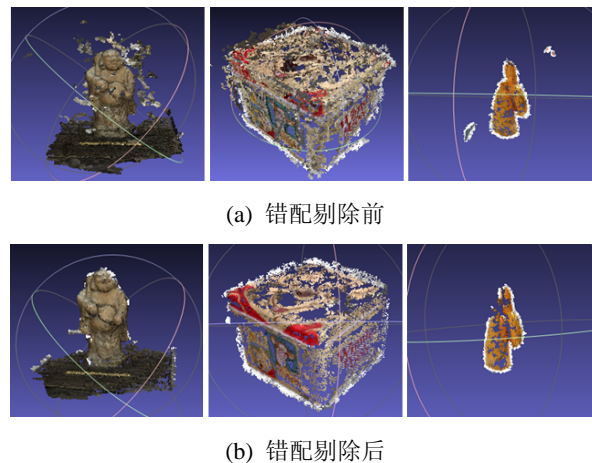
(a) 错配剔除前

(b) 错配剔除后

图 5 建筑物错配剔除重建效果

Fig.5 Reconstruction effect of removed mismatch for building

为了进一步验证本文所采用算法的有效性, 又采集了三个物件的图像对其进行重建, 并进行错配剔除, 如图 6(a)和图 6(b)所示。



(a) 错配剔除前

(b) 错配剔除后

图 6 物件错配剔除重建效果

Fig. 6 Reconstruction effect of removed mismatch for objects

由图 5(a)和图 5(b)、图 6(a)和图 6(b)的对比实验效果可知, 错配剔除前的稠密重建结果中对象物体周围分布着大量杂点, 影响了整体的视觉效果, 而经过错配剔除后, 虽然对象物体周围依然存在部分杂点, 但是较之错配剔除前, 对象物体能更为清晰地显示, 然而仔细观察实验结果可发现, 错配剔除后的重建结果出现了空洞较多的现象, 这是由于随机抽样一致性算法在设置迭代次数的上限后, 会导致过度剔除, 特别是对于对象物体表面比较光滑, 存在反光的情况, 过度剔除尤为严重, 以至于剔除错配后的显示结果中空洞较多, 这是该算法本身存在的一个缺陷, 尽管存在这样的缺陷, 该实验结果也显示了随机抽样一致性算法在剔除错误匹配中的具有一定的效果。

## 4 结论

本文针对在进行基于多幅图像序列的三维重建过程中特征点错匹配的问题, 利用随机抽样一致性算法设置适合的参数模型并分类特征点匹配的结果, 将不符合参数模型的特征点进行了剔除。实验结果表明, 随机抽样一致性算法能有效剔除采用

SIFT 算法进行特征匹配后产生的错误匹配,但在设置了迭代上限,并且重建的对象表面较为光滑,存在反光的情况下会导致剔除过度,重建结果中出现大量空洞。此外,随机抽样一致性算法在当匹配点集中正确匹配点较多时,该算法能够有效地剔除误匹配,但当匹配点集中误匹配点比例较大时,该算法的执行效率将大大地降低,因此在今后的研究中,需要着眼于提高错配点较多时随机抽样一致性算法的效率以及重建表面光滑物体时避免过度剔除。

### 参考文献:

- [1] 阮小丽. 基于不变因子的 SIFT 误匹配点剔除及图像检索[J]. 红外技术, 2015, 37(7): 560-565.  
RUAN Xiaoli. Excluding SIFT Mismatching Points Based on the Invariant Factors and Image Retrieval [J]. Infrared Technology, 2015, 37(7): 560-565.
- [2] <http://github.com/dddExperiments/PhotoSynthToolkit>.
- [3] <http://www.flickr.com/services/api/flickr.photo.search.html>.
- [4] 安磊. 基于图像的三维真实感模型重建研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2011.  
AN Lei. Research on Dynamic Transfer Performance and Load Identification of High-speed Wheel Set [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2011.
- [5] 王新宇. 基于计算机立体视觉的三维重建[D]. 长沙: 中南大学, 2012.  
WANG Xinyu. 3D Reconstruction based on Computer Stereo Vision [D]. Changsha: Central South University, 2012.
- [6] 李莉. 计算机视觉系统若干关键问题研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009.  
LI Li. Research on Key Issues of Computer Vision System [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2010.
- [7] 李竞超. 基于立体视觉的三维重建[D]. 北京: 北京交通大学, 2010.  
LI Jingchao. 3D Reconstruction Based on Stereovision [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2010.
- [8] 史利民, 郭复胜, 胡占义. 利用空间几何信息的改进 PMVS 算法[J]. 自动化学报, 2011, 37(5): 560-568.  
SHI Limin, GUO fusheng, HU Zhanyi. An Improved PMVS through Scene Geometric Information [J]. Acta Automatica Sinica, 2011, 37(5): 560-568.
- [9] 窦艳艳. 基于图像序列的三维重建的相关技术研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2013.  
DOU Yanyan. Research on Related Techniques of 3D Reconstruction based on Image Sequences [D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science & Technology, 2013.
- [10] SJ Maybank, OD Faugeras. A Theory of Self-calibration of a Moving Camera [J]. Computer Vision, 1992, 8(2): 123-151.
- [11] OD Faugeras, B Mourrain. On the geometry and algebra of the point and line correspondences between images [J]. In: Proc. ICCV, 1995, 83(1):565-572.
- [12] RI Hartley. A Linear method for reconstruction from lines and points [J]. In: Proc. ICCV, 1995. 882-887.
- [13] 周富强, 郝继贵. CCD 摄像机快速标定技术[J]. 光学精密工程, 2000(8): 96-100.  
ZHOU Fuqiang, ZHU Jigui. A High Speed CCD Camera Calibra Technique[J]. Optics and Precision Engineering, 2000(8): 96-100.
- [14] 霍龙, 刘伟军, 于光平. 考虑径向畸变的摄像机标定及在三维重建中的应用[J]. 机械设计与制造. 2005(1): 1-3.  
HUO Long, LIU Weijun, YU Guangping. Camera Calibration with Radial Distortion and its Application in 3D Reconstruction[J]. Machinery Design & Manufacture. 2005(1): 1-3.