



JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS

主办: 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

2014
05
VOL.19

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

流体模拟 P781





第19卷第5期（总第217期）

2014年5月16日

中国精品科技期刊
中国国际影响力优秀学术期刊
中国科技核心期刊

版权声明

凡向《中国图象图形学报》投稿，均视为同意在本刊网站及CNKI等全文数据库出版，所刊载论文已获得著作权人的授权。本刊所有图片均为非商业目的使用，所有内容，未经许可，不得转载或以其他方式使用。

Copyright

All rights reserved by Journal of Image and Graphics, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS. The content (including but not limited text, photo, etc) published in this journal is for non-commercial use.

主管单位 中国科学院

主办单位 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版《中国图象图形学报》编辑出版委员会

邮政信箱 北京9718信箱

邮 编 100101

电子信箱 jig@irsa.ac.cn

电 话 010-64807995

网 址 www.cjig.cn

广告经营许可证 京朝工商广字第0361号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

海外发行 中国国际图书贸易集团有限公司
(邮政信箱：北京399信箱 邮编：100048)

印刷装订 北京科信印刷有限公司

Journal of Image and Graphics

Title inscription: Song Jian

Monthly, Started in 1996

Superintended by Chinese Academy of Sciences

Sponsored by Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS
China Society of Image and Graphics

Institute of Applied Physics and Computational Mathematics

Editor-in-Chief LI Xiaowen

Editor, Publisher Editorial and Publishing Board of Journal of
Image and Graphics

P.O.Box 9718, Beijing, P.R.China

Zip code 100101

E-mail jig@irsa.ac.cn

Telephone 010-64807995

Website www.cjig.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals

Domestic All Local Post Offices in China

Overseas China International Book Trading Corporation
(P.O.Box 399, Beijing 100048, P.R.China))

Printed by Beijing Kexin Printing Co., Ltd.

CN 11-3758/TB

ISSN 1006-8961

CODEN ZTTXFZ

国外发行代号 M1406

国内邮发代号 82-831

国内定价 50.00元

综述

中国图像工程: 2013

章毓晋 0649

图像处理和编码

SAR复图像数据的CCSDS-IDC编码性能分析与二叉树编码

侯兴松, 韩敏, 龚晨 0659

记忆梯度追踪压缩感知图像重构

郭强, 吴成东 0670

处理异常值的相机抖动模糊图像复原

阮光诗, 孙俊喜, 孙阳, 刘红喜, 赵立荣, 刘广文 0677

Logistic视频字幕增强模型

李钦瑞, 吕学强, 李卓, 刘坤 0683

图像分析和识别

结合LPG&PCA的中智学图像分割

张桂梅, 王大雷 0693

融合多特征的运动一致性图像分割

魏国剑, 侯志强, 李武, 余旺盛 0701

壁画图像分类中的分组多实例学习方法

唐大伟, 鲁东明, 许端清, 杨冰 0708

采用加性核SVM的二尖瓣瓣根识别

徐伟, 姚丽萍, 宋薇, 杨新, 孙锟 0716

迭代的图变换匹配算法

李婷婷, 汤进, 江波, 罗斌, 徐立祥 0723

融合残差Unscented粒子滤波和区别性稀疏表示的鲁棒目标跟踪

杨彪, 林国余, 张为公, 路小波, 张宇歆 0730

图像理解和计算机视觉

梯度约束SFS的月面地形重构

徐辛超, 刘少创, 徐爱功 0739

单幅自然场景深度恢复

曹风云, 方帅, 胡玉娟, 王浩, 杨雪洁 0746

区域语义多样性密度的图像标注

王方方, 蒋建国, 郭丹 0755

计算机图形学

鲁棒的网格实时几何编辑算法

汪悦, 邓元凯, 钱归平 0764

从表面重构的体数据实现3维网格剖分

刘君, 陈伟强, 熊邦书 0771

交错网格结构的涡粒子烟模拟

杨阳, 杨旭波 0781

遥感图像处理

应用区域统计特征的PolSAR影像分割

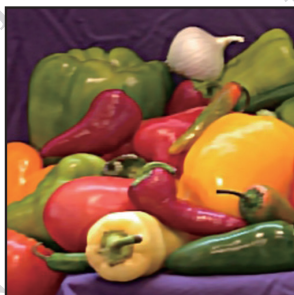
刘振宇, 余洁, 谢东海, 刘利敏 0789

采用分裂Bregman的遥感影像亮度不均变分校正方法

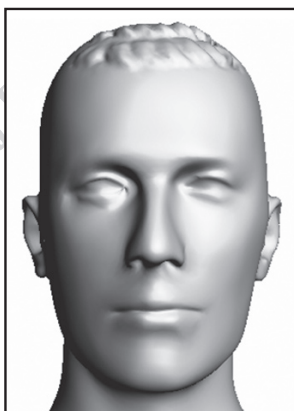
王晓静, 李慧芳, 袁强强, 沈焕锋, 张良培 0798

基于Wallis与距离权重增强的无人机影像拼接缝消除

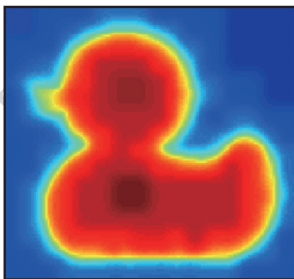
田金炎, 段福洲, 王乐, 李小娟, 屈新原 0806



处理异常值的相机抖动模糊图像复原(第677页)



鲁棒的网格实时几何编辑算法(第764页)



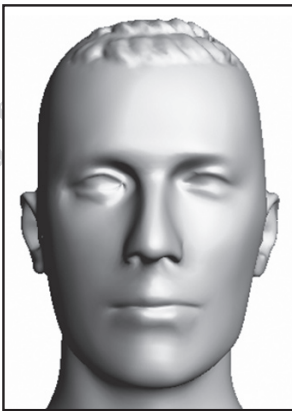
从表面重构的体数据实现3维网格剖分(第771页)

CONTENTS

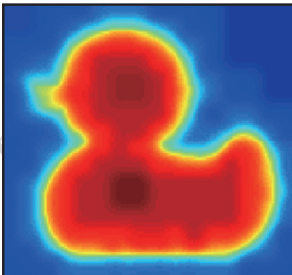
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Disposing of outliers in camera-shake blurred images restoration(P677)



Robust algorithm for real-time mesh geometric editing(P764)



Three-de mesh generation through volume data reconstructed from surface(P771)

Review

Image engineering in China: 2013 Zhang Yujin	0649
---	------

Image Processing and Coding

Performance analysis of CCSDS-IDC for SAR complex image data and quadtree-based SAR complex image data coding Hou Xingsong, Han Min, Gong Chen	0659
Image reconstruction of compressed sensing based on memory gradient pursuit Guo Qiang, Wu Chengdong	0670
Disposing of outliers in camera-shake blurred images restoration Nguyen Quangthi, Sun Junxi, Sun Yang, Liu Hongxi, Zhao Lirong, Liu Guangwen	0677
Logistic model for video caption enhancement Li Qinrui, Lyu Xueqiang, Li Zhuo, Liu Kun	0683

Image Analysis and Recognition

Neutrosophic image segmentation approach integrated LPG&PCA Zhang Guimei, Wang Dalei	0693
Motion coherence image segmentation fused with multi-feature Wei Guojian, Hou Zhiqiang, Li Wu, Yu Wangsheng	0701
Clustered multiple instance learning for mural image classification Tang Dawei, Lu Dongming, Xu Duanqing, Yang Bing	0708
Recognition of mitral annulus hinge point using additive SVM classifier Xu Wei, Yao Liping, Song Wei, Yang Xin, Sun Kun	0716
Iterative graph transformation matching algorithm Li Tingting, Tang Jin, Jiang Bo, Luo Bin, Xu Lixiang	0723
Robust object tracking incorporating residual unscented particle filter and discriminative sparse representation Yang Biao, Lin Guoyu, Zhang Weigong, Lu Xiaobo, Zhang Yuxin	0730

Image Understanding and Computer Vision

Lunar terrain reconstruction with SFS under gradient constraint Xu Xinchao, Liu Shaochuang, Xu Aigong	0739
Recovering depth from a single natural defocused image Cao Fengyun, Fang Shuai, Hu Yujuan, Wang Hao, Yang Xuejie	0746
Image annotation based on region-semantic diverse density Wang Fangfang, Jiang Jianguo, Guo Dan	0755

Computer Graphics

Robust algorithm for real-time mesh geometric editing Wang Yue, Deng Yuankai, Qian Guiping	0764
Three-de mesh generation through volume data reconstructed from surface Liu Jun, Chen Weiqiang, Xiong Bangshu	0771
Staggered grid structure for smoke simulation Yang Yang, Yang Xubo	0781

Medical Image Processing

Application region statistical characteristic for PolSAR imagery segmentation Liu Zhenyu, Yu Jie, Xie Donghai, Liu Limin	0789
Uneven intensity correction using split Bregman for remote sensing images Wang Xiaojing, Li Huifang, Yuan Qiangqiang, Shen Huanfeng, Zhang Liangpei	0798
UAV image seam elimination method based on Wallis and distance weight enhancement Tian Jinyan, Duan Fuzhou, Wang Le, Li Xiaojuan, Qu Xinyuan	0806

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2014)05-0723-07

论文引用格式: Li T T, Tang J, Jiang B, Luo B, Xu L X. Iterative graph transformation matching algorithm[J]. Journal of Image and Graphics, 2014, 19(5): 723-729. [李婷婷, 汤进, 江波, 罗斌, 徐立祥. 迭代的图变换匹配算法[J]. 中国图象图形学报, 2014, 19(5): 723-729.] [DOI:10.11834/jig.20140510]

迭代的图变换匹配算法

李婷婷¹, 汤进^{1,2}, 江波¹, 罗斌^{1,2}, 徐立祥¹

1. 安徽大学计算机科学与技术学院, 合肥 230601;
2. 安徽省工业图像处理与分析重点实验室, 合肥 230039

摘要: 目的 图像的精确匹配在图像处理与识别中起着重要的作用。为了提高图像的匹配效果, 提出了一种迭代的图变换匹配算法来实现误匹配关系的去除从而提高图像的匹配精度。方法 首先利用传统的图变换匹配(GTM)算法从初始匹配关系集合中获得较为精确的匹配关系子集; 然后, 利用已经获得的正确匹配点集与初始匹配点集之间的几何关系对初始匹配进行修正; 最后, 利用 GTM 对修正后的匹配关系进一步优化, 从而得到更多的精确匹配关系。结果 实验结果显示在不同的图像变换场景下, 相比于传统 GTM 算法, 该算法具有较高的查全率。结论 所提算法能够克服传统 GTM 算法所得正确匹配关系少的缺陷。

关键词: 图变换匹配; 图像匹配; K 近邻图; 几何约束

Iterative graph transformation matching algorithm

Li Tingting¹, Tang Jin^{1,2}, Jiang Bo¹, Luo Bin^{1,2}, Xu Lixiang¹

1. School of Computer Science and Technology, Anhui University, HeFei 230601, China;
2. Key Lab of Industrial Image Processing & Analysis of Anhui Province, Hefei 230039, China

Abstract: **Objective** Image matching is an important technique in image processing and recognition. In order to enhance the matching effectiveness and to obtain accurate matches, an iterative graph transformation matching algorithm is proposed in this paper to remove the error matches, which usually exist in the initial matches obtained by image features such as scale invariant feature transform (SIFT) and speeded up robust features (SURF). **Method** Generally, the proposed algorithm carries out the following three steps: first, the algorithm generates the accurate correspondences from the initial one-to-one correspondence set by using the traditional graph transformation matching algorithm, whose process is similar to that in graph transformation matching (GTM) algorithm; then, it further revises the initial correspondences by using the geometric relationship between the obtained correct matches and the initial matches; finally, based on the revised initial matches, the algorithm further searches the correct matches from the revised initializations by using graph transformation matching algorithm. Compared with GTM, the proposed algorithm further explores the geometric relationship in the matching process and thus returns more accurate matches. **Result** Experimental results on real-world image matching shows that under various image transformation scenes, the proposed algorithm can significantly outperform GTM on the matching recall while retain the similar high matching precision. **Conclusion** The proposed iterative graph transformation matching algorithm can overcome the main drawback of GTM that usually returns small number of precise matches.

Key words: graph transformation matching; image matching; K-nearest neighbor (KNN) graph; geometric constraint

收稿日期: 2013-09-23; 修回日期: 2013-12-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(61202228, 61073116); 安徽省高等学校省级自然科学研究重点项目(KJ2013A007); 安徽省高校优秀青年人才基金项目(2012SQRL174)

第一作者简介: 李婷婷(1989—), 女, 安徽大学计算机应用技术专业在读硕士研究生, 主要研究方向为图像匹配与识别。

E-mail: litingtingad@gmail.com

0 引言

图像匹配技术是现代信息处理领域中重要的技术,在许多领域有着广泛而实际的应用,如:模式识别,图像 3 维重构,医学诊断,遥感图像处理等领域^[1-3]。现有的图像匹配技术一般归为两类^[4]:基于区域的匹配方法和基于特征的匹配方法。相比于基于区域的匹配方法,基于特征的匹配方法往往具有计算量小,对图像形变较为鲁棒等优点。基于特征点的图像匹配方法的步骤通常包括:特征点提取,特征点匹配和误匹配点对去除。

Fischler 等人提出 RANSAC (random sample consensus) 算法^[5]来去除误匹配,虽然该算法能鲁棒地估计模型参数,但其计算参数的迭代次数没有上限;如果限制迭代次数,得到的可能不是最优解,甚至可能得到与数据不相符的解。Zhang 提出的 LMedS (least median of squares) 算法^[6]在一定程度上消除了误匹配,但还需改善在去除误匹配点对准确率及稳定性方面的效果。魏志强等人^[7]采用主动方向法和运动距离法去除误匹配点对,该方法简单高效,提高了匹配准确率,但不能很好地处理具有仿射变换和严重几何变形的图像。庄志国等人^[8]利用特征点的信息来去除误匹配,该方法简单可行,但邻域半径为固定值,不能根据角点分布情况进行自适应调整使得部分误匹配仍存在,而且不能处理尺度变化的情形。李秀秀等人^[9]提出与投票选举类似的方法消除误匹配,提高了配准效果,但是估算图像间几何变换参数需要消耗较多的时间,还有待进一步改进。

Aguilar 等人提出 GTM (graph transformation matching) 算法^[10]。该算法旨在从初始的一对一匹配关系中寻找满足空间一致性约束的匹配关系子集从而最终获得较为准确的匹配关系。算法简单、有效,但是算法依赖于初始匹配关系而往往返回较少的正确匹配关系。本文在 GTM 算法的基础上,进一步利用 GTM 检测出的正确匹配点集与初始匹配点集之间的几何关系对初始匹配关系进行修正,然后再利用 GTM 对修正后的匹配关系进行优化,从而增强了传统 GTM 方法的鲁棒性。

1 图变换匹配算法

图变换匹配 (GTM) 算法首先分别对两幅图像

中的候选匹配点集构建 K 近邻图,然后迭代地去除破坏近邻关系的离群特征点 (outlier feature),直到两幅图像的 K 近邻图同构^[10]。基本过程如算法 1。

算法 1: GTM 算法

输入: 初始特征点 $P = \{p_i\}$ 和 $P' = \{p'_i\}$ ($i = 1, \dots, N$), 初始匹配关系 f_i 及去除离群特征点后的剩余点集 Q 和 Q' 。

输出: 去除误匹配后的正确匹配关系 f_c 。

- 1) 令匹配子集 $Q = P$ 和 $Q' = P'$;
- 2) 构建 Q 的 K 近邻图 G_Q^{KNN} 及相应的邻接矩阵 A_Q ;
- 3) 构建 Q' 的 K 近邻图 $G_{Q'}^{KNN}$ 及相应的邻接矩阵 $A_{Q'}$;
- 4) While $|A_Q - A_{Q'}| \neq 0$
 - (1) 检测离群特征点对
 - ① 计算残差矩阵 $R = |A_Q - A_{Q'}|$;
 - ② $out = \arg \max_{j=1, \dots, N} \sum_{i=1}^N R(i, j)$, $R(i, j)$ 为残差矩阵 R 第 i 行第 j 列对应的元素值。out 为 R 按列求和后和值最大的列所对应的特征点。
 - (2) Q 和 Q' 中分别去除离群特征点对 (q_{out} , q'_{out})。
 - (3) 重新构建 Q 的 K 近邻图 G_Q^{KNN} 及相应的邻接矩阵 A_Q 。
 - (4) 重新构建 Q' 的 K 近邻图 $G_{Q'}^{KNN}$ 及相应的邻接矩阵 $A_{Q'}$ 。

End while

- 5) 输出当前剩余的特征点集及其相应的匹配关系。

GTM 算法两个主要的操作是构建 K 近邻图和检测离群特征点,下面进一步说明这两个过程:

1) 构建 K 近邻图。对图像上的特征点 $P = \{p_i\}$ 构建 K 近邻图 $G_p = (V_p, E_p)$ 。其中, V_p 表示图 G_p 中顶点的集合,即 $V_p = \{v_1, \dots, v_N\}$, $v_1, \dots, v_N$ 对应图像上的特征点 $p_1, \dots, p_N$, $E_p = \{e_{ij} \mid i, j \in V_p, j \in KNN(i)\}$, 表示图 G_p 中边的集合, $KNN(i)$ 表示顶点 i 的 K 个近邻点构成的点集。通过上述方式建立图 G_p , 它的邻接矩阵 A_p 是一个 $N \times N$ 的矩阵, 当 $e_{ij} \in E_p$ 时, $A_p(i, j) = 1$, 否则 $A_p(i, j) = 0$ 。文献[10]中采用中值 K 近邻图, 考虑到有向 K 近邻图含有更加丰富的信息, 因此本文采用有向 K 近邻图的构图方法。

同样地, 对 p'_i 构建图 $G_{p'} = (V_{p'}, E_{p'})$ 。如果所

有的匹配关系是正确的, 则图 G_p 和 $G_{p'}$ 是同构的。错误的匹配导致 G_p 和 $G_{p'}$ 的结构性差异。通过迭代地应用一个结构标准^[11], 这些错误的匹配以较高的概率被淘汰。

2) 检测离群特征点。离群特征点的检测是根据结构差异即通过计算残差矩阵 $R = |A_p - A_{p'}|$ 得到。将残差矩阵按列求和, 从中选取和最大的那一列即为

$$j^{\text{out}} = \arg \max_{j=1, \dots, N} \sum_{i=1}^N R(i, j) \quad (1)$$

2 迭代的 GTM 算法

传统的 GTM 算法依赖于初始的匹配关系 f_i 。而这种初始匹配关系往往是由特征点之间的局部特征(如 SIFT)来确定, 从而缺少考虑特征点之间的全局特征信息。为此, 提出了一种迭代的 GTM 算法(IGTM)。所提方法的核心是在传统 GTM 算法的基础上, 进一步利用 GTM 检测出的正确匹配 f_c 子映射来对初始匹配关系进行修正, 从而增强了传统 GTM 方法的鲁棒性。IGTM 算法如算法 2。

算法 2: IGTM 算法

输入: 初始特征点 $P = \{p_i\}$ 和 $P' = \{p'_i\}$ 及匹配关系 f_i 。

输出: 去除误匹配后的匹配关系 f_c 。

1) $t=0, f_i^0 = f_i, f_c^0 = 0, f_c^1 = 1$;

2) While $f_c^t \neq f_c^{t+1}$

$f_c^t = \text{GTM}(P, P', f_i^t)$

$f_i^{t+1} = \text{REVISED}(P, P', f_c^t)$

End while

该算法中的 REVISED 是根据当前的正确匹配关系 $f_c^t = \text{GTM}(P, P', f_i^t)$ 对初始匹配关系进行修正。它的具体过程如算法 3。

算法 3: REVISED 算法

输入: 初始特征点 $P = \{p_i\}$ 和 $P' = \{p'_i\}$ 及正确匹配关系 f_c 。

输出: 修正后的匹配关系 f_i 。

1) 根据正确匹配 f_c 子映射计算匹配子集 Q 和 Q' ;

2) 对 P 中的每个特征点 p_i 计算它的内容特征向量 F_i^s 和几何特征向量 F_i^g , 即

$$p_i \leftarrow F_i = [F_i^s \ F_i^g]$$

式中, F_i^s 为点 p_i 的 SIFT 特征, F_i^g 为点 p_i 到 Q 中所有点的几何距离(欧氏距离)为

$$F_i^g = [d(p_i, q_1) \ d(p_i, q_2) \ \dots \ d(p_i, q_M)], \quad (M = |Q|)$$

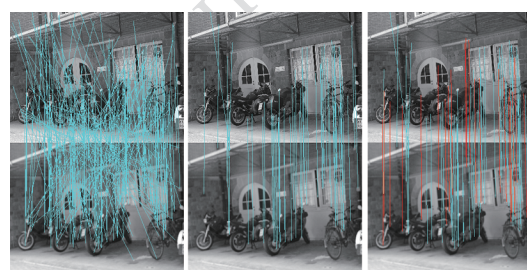
3) 类似地, 计算 P' 中的每个点 p'_i 的特征向量

$$p'_i \leftarrow F'_i = [F'^s_i \ F'^g_i]$$

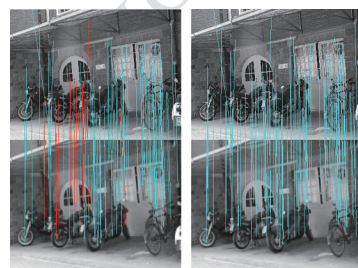
4) 重新匹配 P 和 P' 中的点得到修正后的匹配关系 f_i 。

具体匹配方法是: 利用 P, P' 中点的特征向量 F_i 与 F'_i 的欧氏距离来度量两幅图像中特征点的相似性。从图像 I 中取特征点 A, 在待匹配图像 I' 中找出与其特征向量距离最近的特征点 B 和次近的特征点 C, 若 $\text{dist}(F_A, F'_B) < c \times \text{dist}(F_A, F'_C)$, 则认为点 A 和点 B 为匹配点对, 其中 $\text{dist}(\cdot)$ 表示特征向量间的欧氏距离, c 为预先设定的阈值^[12]。

图 1 显示了 IGTM ($K=5$) 算法在模糊图像上每次迭代检测出的匹配结果。图 1(b) 显示的是传统 GTM 方法的匹配结果, 图 1(c) — (e) 显示了 IGTM 不同迭代次数的匹配结果, 其中图 1(c) (d) 中的红色部分是在上一步的基础上新增的匹配关系。可以看出, 随着迭代次数的增加, IGTM 算法在传统 GTM 算法的基础上返回越来越多的匹配关系, 从而进一步增强了传统 GTM 算法的匹配性能。



(a) 初始匹配 (b) 迭代1(GTM结果) (c) 迭代2



(d) 迭代3 (e) 迭代4(最终匹配)

图 1 IGTM 算法迭代匹配过程

Fig. 1 IGTM iterative matching process

3 实验与分析

为了验证 IGTm 算法的鲁棒性,在初始匹配中逐渐增加误匹配,与 GTM 算法进行对比。所提算法和 GTM 算法都使用 K 近邻(KNN)图,根据经验,选取 $K=5^{[10]}$ 。实验中采用的测试图像数据库来自文献[12],该数据库包含了旋转变换、模糊变换、光照变化、旋转和尺度变换以及 JPEG 压缩变化条件下的场景图像。

对每一幅图像的特征点计算 SIFT 特征^[13],采用最近距离除以次近距离小于 T 的匹配策略进行匹配,得到初始匹配关系。所有的错误匹配通过手动去除,只留下正确匹配。从这些正确匹配中随机选取 100 (这个数字作为总正确匹配数)对匹配。匹配两幅图像中的任意点生成错误匹配。添加的离群点(错误匹配点)占总数的比例从 5% 增加到 75%,间隔 10%,离群点数目计算公式为

$$\text{离群点数量} = \frac{\text{离群点所占比例} \times \text{总正确匹配数}}{1 - \text{离群点所占比例}} \quad (2)$$

对每对图像的同一个离群点百分比执行同样的程序 100 次,取平均值。

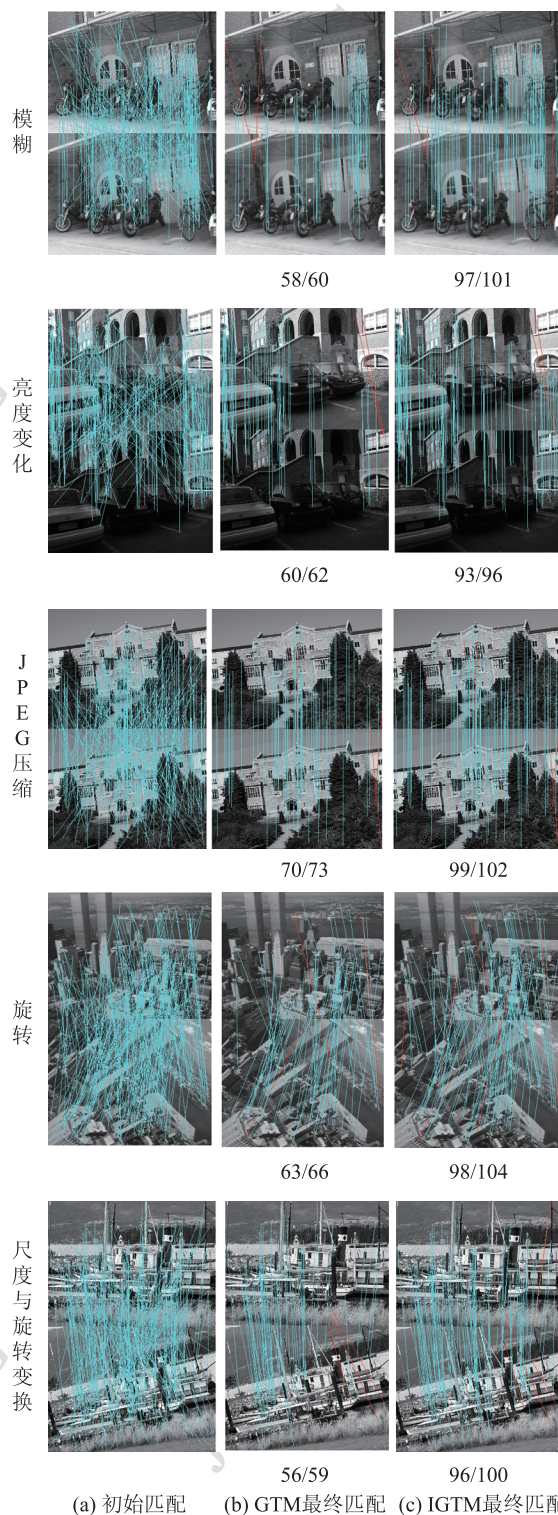
实验中所用的度量标准为

$$\text{查全率} = \frac{\text{正确匹配数}}{\text{总正确匹配数}} \quad (3)$$

$$\text{查准率} = \frac{\text{正确匹配数}}{\text{总匹配数}} \quad (4)$$

图 2 显示了不同变换条件下的图像在离群点所占比例为 55% 时 GTM 和 IGTm 的最终匹配结果图。其中,图 2(a)是含有 100 对正确和 122 对错误(加入 55% 离群点)的初始匹配关系。图 2(b)(c)分别是 GTM 算法和 IGTm 算法去除误匹配后的结果图,绿色是正确的结果,红色是错误的结果。

以图 2 中模糊图像的结果为例,GTM 检测出 60 对匹配关系,其中 58 对是正确的(58/60),IGTm 检测出 101 对匹配关系,其中 97 对是正确的(97/101)。可以看出 IGTm 和 GTM 在去除基本相同数目的误匹配的同时 IGTm 可以获得更多的正确匹配。图 2 中其他变换条件下的实验结果同样可以显示出 IGTm 算法的优越性。



(a) 初始匹配 (b) GTM 最终匹配 (c) IGTm 最终匹配

图 2 图像离群点所占比例为 55% 时 GTM 和 IGTm 的最终匹配结果

Fig. 2 Matching result of image pairs with 55% outlier feature points in the initial matching

图 3—图 7 显示了 GTM 算法和 IGTm 算法对不同场景图像去除误匹配的效果,图中显示了查全率

和查准率曲线。实验中,每类图像包含6幅图像,查全率和查准率曲线是通过计算5对图像的平均值得到的。

从图3(a)—图7(a)中可以看出,GTM和IGTM的查准率都很高即两种方法都可以去除大部分的误匹配,而且在离群点所占比例较高时,IGTM的查准率比GTM高,这是因为IGTM每次新增的匹配关系基本上都是正确的。从图3(b)—图7(b)中可以看

出,IGTM的查全率比GTM高,特别是在离群点所占比例较高时,IGTM的效果会更好。离群点所占比例较高时,GTM去除错误匹配的同时也会去掉正确的匹配,导致查全率较低。在这种情况下,IGTM会根据GTM检测出的正确匹配子映射对初始匹配关系进行修正,使得每次新增的匹配基本上都是正确的,所以IGTM的查全率高于GTM,具有更好地去除误匹配点对性能。

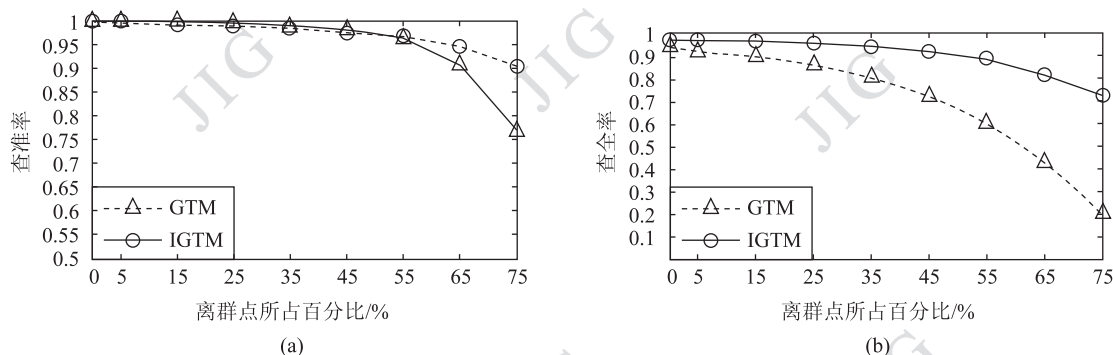


图3 模糊图像在不同离群点百分比时算法性能比较

Fig. 3 Performance of several algorithms for various outlier percentages in the case of blurred images

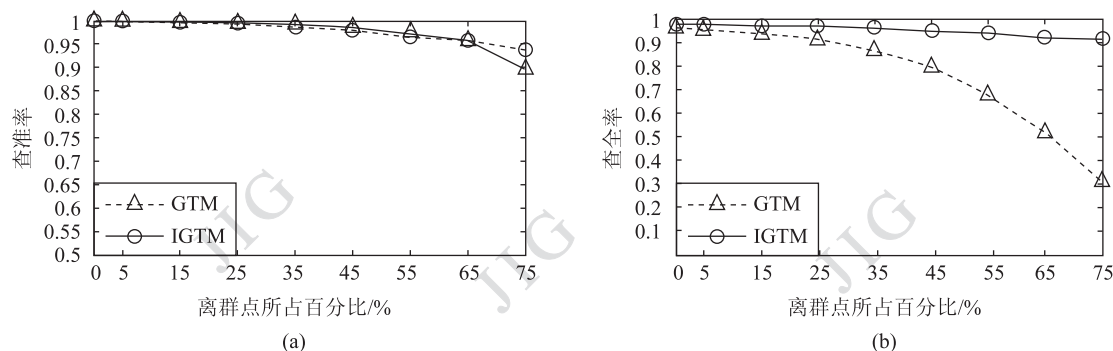


图4 亮度变化图像在不同离群点百分比时算法性能比较

Fig. 4 Performance of several algorithms for various outlier percentages in the case of light changing images

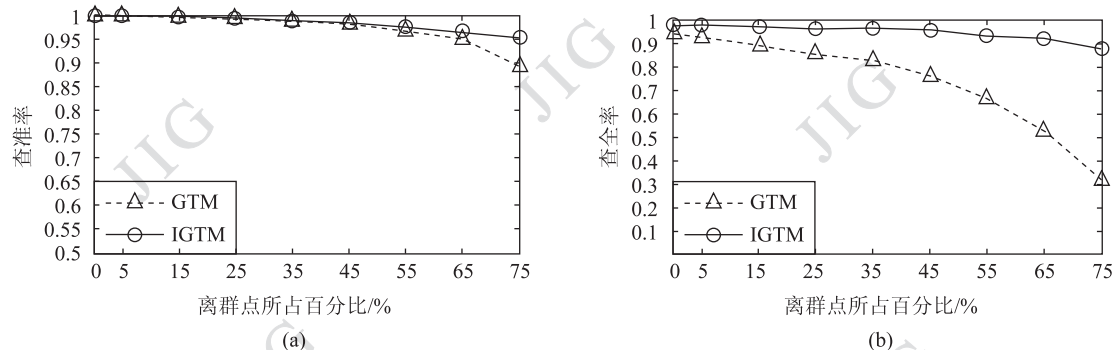


图5 JPEG压缩图像在不同离群点百分比时算法性能比较

Fig. 5 Performance of several algorithms for various outlier percentages in the case of JPEG compression images

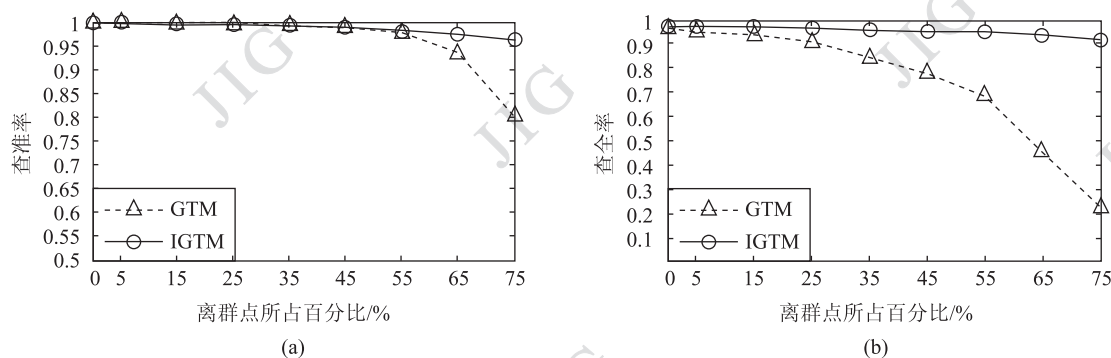


图6 旋转图像在不同离群点百分比时算法性能比较

Fig. 6 Performance of several algorithms for various outlier percentages in the case of rotation images

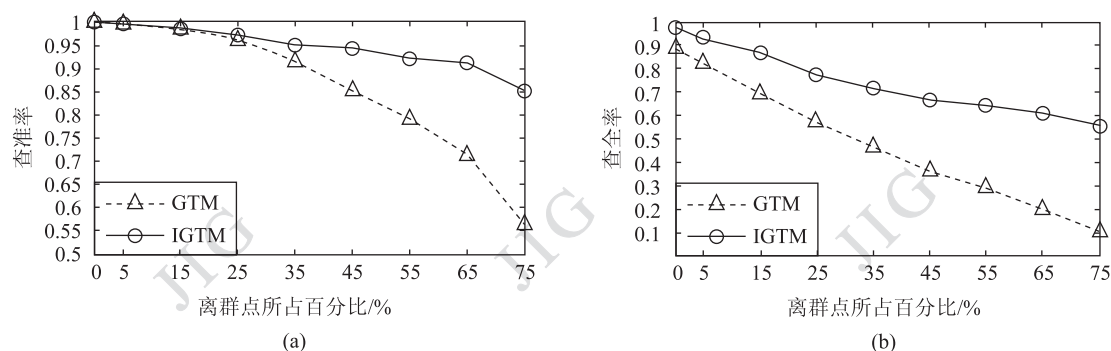


图7 尺度和旋转变换图像在不同离群点百分比时算法性能比较

Fig. 7 Performance of several algorithms for various outlier percentages in the case of scale and rotation images

4 结论

去除误匹配点对是基于特征点图像匹配过程中的重要一步。对此,提出了迭代的图变换匹配算法来实现误匹配点对的去除。该算法是在传统 GTM 算法的基础上进一步利用几何关系对初始匹配关系进行修正,增强了 GTM 算法的鲁棒性。此外,本文算法能够返回更多较为准确的匹配关系,较好地克服了传统 GTM 算法所得正确匹配关系少的缺陷。

参考文献 (References)

- [1] Deng B S, Song H C, Yang B, et al. Feature point matching based on affine iterative model [J]. Journal of Image and Graphics, 2007, 12(4): 678-683. [邓宝松, 宋汉辰, 杨冰, 等. 基于仿射迭代模型的特征点匹配算法[J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(4): 678-683.]
- [2] Tian H, Li G H, Jia L, et al. Local descriptor for object recognition in high resolution remote sensing images [J]. Energy Proc-
- [3] Misra I, Moorthi S M, Dhar D, et al. An automatic satellite image registration technique based on Harris corner detection and random sample consensus outlier rejection model [C]//Proceedings of the 1st International Conference on Recent Advances in Information Technology. Piscataway, United States: IEEE Computer Society, 2012: 68-73.
- [4] Ding W Y, Wang P, Huang Q, et al. Method for automatic registration of images with affine transformation [J]. Journal of Chongqing University of Technology: Natural Science, 2010, 24(3): 71-75. [丁文益, 王平, 黄庆, 等. 一种适应仿射变换的全自动景象匹配算法[J]. 重庆理工大学学报: 自然科学, 2010, 24(3): 71-75.]
- [5] Fischler M A, Bolles R C. Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography [J]. Communications of the ACM, 1981, 24(6): 381-395.
- [6] Zhang Z Y, Deriche R, Faugeras O. A robust technique for matching two uncalibrated images through the recovery of the unknown epipolar geometry [J]. Artificial Intelligence, 1995, 78(1/2): 87-119.
- [7] Wei Z Q, Huang L, Ji X P. Research on sequence image matching based on point feature [J]. Journal of Image and Graphics,

- 2009, 14(3):525-530. [魏志强, 黄磊, 纪筱鹏. 基于点特征的序列图像匹配方法研究 [J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(3):525-530.] [DOI:10.11834/jig.20090323]
- [8] Zhuang Z G, Sun H J, Dong J Y, et al. Corner detection based image matching algorithm and its application on image stitching [J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 2007, 146(4):501-505. [庄志国, 孙惠军, 董继扬, 等. 基于角点检测的图像匹配算法及其在图像拼接中的应用 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2007, 146(4):501-505.]
- [9] Li X X, Zheng J B, Zhang Y N. Novel automatic method for image registration [J]. Application Research of Computers, 2008, 25(1):290-291. [李秀秀, 郑江滨, 张艳宁. 一种新的自动图像配准技术 [J]. 计算机应用研究, 2008, 25(1):290-291.]
- [10] Aguilar W, Frauel Y, Escolano F, et al. A robust graph transformation matching for non-rigid registration [J]. Image and Vision Computing, 2009, 27:897-910.
- [11] Aguilar W. Object recognition based on the structural correspondence of local features [D]. Mexico City: Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 2006.
- [12] Mikolajczyk K, Schmid C. A performance evaluation of local descriptors [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 27(10):1615-1630.
- [13] Lowe D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2):91-110.