



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

2016
01
VOL.21

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB



医学图像处理 P69

中国图象图形学报

刊名题字：宋健 | 月刊（1996年创刊）



第21卷第1期（总第237期）
2016年1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
中文核心期刊

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@radi.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

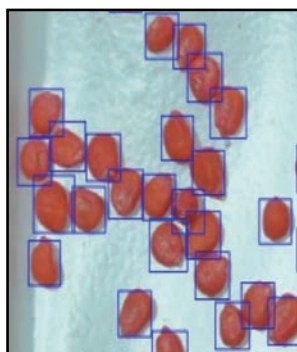
Title inscription: Song Jian | Monthly, Started in 1996

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@radi.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 60.00元



多尺度特征融合与极限学习机的玉米种子检测
(第0024页)



深度卷积神经网络的显著性检测(第0053页)



双树复小波域的MRI图像去噪(第0104页)

图像处理和编码

空时形状预测与高效编码

朱仲杰, 王玉儿, 蒋刚毅..... 1

第二小方向导数信息熵的兴趣点检测

卢健, 黄杰, 潘峰..... 8

采用面积采样的反走样字符旋转算法

郑凯文, 刘文波..... 17

图像分析和识别

多尺度特征融合与极限学习机的玉米种子检测

柯道, 杜明智..... 24

图像理解和计算机视觉

结合NSCT和压缩感知的红外与可见光图像融合

陈木生..... 39

Plücker直线描述的空间后方交会

盛庆红, 陈姝文, 肖晖, 张斌, 王青, 费利佳..... 45

深度卷积神经网络的显著性检测

李岳云, 许悦雷, 马时平, 史鹤欢..... 53

计算机图形学

以优先点为中心的Delaunay三角网生长算法

尤磊, 唐守正, 宋新宇..... 60

医学图像处理

快速数字影像重建的2维/3维医学图像配准

刘坤, 吕晓琪, 谷宇, 于荷峰, 任国印, 张明..... 69

小波-Lagrange方法进行医学图像层间插值

武士想, 尚鹏, 王立功..... 78

遥感图像处理

多主体框架下结合最大期望值和遗传算法的SAR图像分割

张金静, 李玉, 赵泉华..... 86

第十届图像图形技术与应用学术会议

视差互信息引导下的立体航空影像与LiDAR点云自动配准

吴军, 胡彦君, 饶云, 彭智勇..... 95

双树复小波域的MRI图像去噪

黄学优, 张长江..... 104

快速定位图像尺度和区域的3维跟踪算法

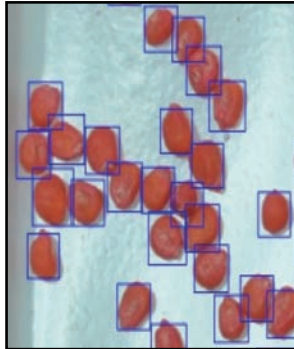
赵奇可, 孙延奎..... 114

局部不变特征点的精度指标

滕日, 周进, 蒋平, 崔雄文..... 122

CONTENTS

JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Detection of maize seeds based on multi-scale feature fusion and extreme learning machine(P0024)



Saliency detection based on deep convolutional neural network(P0053)



MRI denoising based on dual-tree complex wavelet transform(P0104)

Image Processing and Coding

- Spatio-temporal shape prediction and efficient coding
Zhu Zhongjie, Wang Yuer, Jiang Gangyi 1
- Interest point detection by using information entropy of the second small direction derivative
Lu Jian, Huang Jie, Pan Feng 8
- Anti-aliasing algorithm for character rotation based on area sampling
Zheng Kaiwen, Liu Wenbo 17

Image Analysis and Recognition

- Detection of maize seeds based on multi-scale feature fusion and extreme learning machine
Ke Xiao, Du Mingzhi 24

Image Understanding and Computer Vision

- Image fusion of visual and infrared image based on NSCT and compressed sensing
Chen Musheng 39
- Space resection method based on Plücker line
Sheng Qinghong, Chen Shuwen, Xiao Hui, Zhang Bin, Wang Qing, Fei Lijiao 45
- Saliency detection based on deep convolutional neural network
Li Yueyun, Xu Yuelei, Ma Shiping, Shi Hehuan 53

Computer Graphics

- Growth algorithm centered on priority point for constructing the Delaunay triangulation
You Lei, Tang Shouzheng, Song Xinyu 60

Medical Image Processing

- The 2D/3D medical image registration algorithm based on rapid digital image reconstruction
Liu Kun, Lyu Xiaoqi, Gu Yu, Yu Hefeng, Ren Guoyin, Zhang Ming 69
- Inter-slice interpolation for medical images by using the wavelet-lagrange method
Wu Shixiang, Shang Peng, Wang Ligong 78

Remote Sensing Image Processing

- Combining the expectation maximization and genetic algorithms for SAR image segmentation within a MAS framework
Zhang Jinjing, Li Yu, Zhao Quanhua 86

Column of IGIA' 2015

- Automatic registration of aerial stereo imagery to LiDAR data through iterative parallax mutual information computation
Wu Jun, Hu Yanjun, Rao Yun, Peng Zhiyong 95
- MRI denoising based on dual-tree complex wavelet transform
Huang Xueyou, Zhang Changjiang 104
- Three dimensional tracking with fast locating of image scale and area
Zhao Qike, Sun Yankui 114
- Extraction precision of local invariant feature points
Teng Ri, Zhou Jin, Jiang Ping, Cui Xiongwen 122

中图法分类号: P237 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2016)01-0122-07

论文引用格式: Teng R, Zhou J, Jiang P, Cui X W. Extraction precision of local invariant feature points[J]. Journal of Image and Graphics, 2016, 21(1):0122-0128. [滕日, 周进, 蒋平, 崔雄文. 局部不变特征点的精度指标[J]. 中国图象图形学报, 2016, 21(1):0122-0128.][DOI: 10.11834/jig.20160115]

局部不变特征点的精度指标

滕日, 周进, 蒋平, 崔雄文

中国科学院光电技术研究所, 成都, 610209

摘要: **目的** 作为计算机视觉的热门研究方向, 局部不变特征算法的发展已趋于成熟、稳定, 然而目前几乎所有特征点提取算法都没有给出特征点的精度指标。针对这一缺陷, 提出一种特征点精度指标——特征点波动区间。**方法** 性质稳定的点在干扰条件下仍具有较好的精度, 即小范围的波动区间, 因此, 以当前最热门的 SIFT (scale-invariant feature transform) 特征点为例, 在图像加入噪声, 发生光照变换, 发生模糊变换以及同时进行噪声、光照及模糊处理这四种情况下分别分析同一算法提取的不同特征点的波动情况, 进而得到不同特征点的波动区间。**结果** 实验得到 16 个稳定检出特征点, 其中点 2, 3, 4, 11, 13 这 5 个点可以在不同干扰条件下的波动范围都较小, 而点 2 则只在模糊条件下波动较小, 在其余干扰下波动较大。特征点虽然已经过特征提取, 但仍具有不同的波动区间, 其优劣也不尽相同。不同的特征点的波动区间并不相同, 但仍有一部分特征点在不同干扰条件下均保持较高的提取精度。**结论** 波动区间能很好地表征每个特征点的提取精度。由于此前只有针对特征点算法的评价指标, 而没有针对特征点自身性质的评价方法, 因此本文提出的特征点波动区间将为诸如设备标定、视觉测量、精简特征库等相关后续工作打下良好基础。

关键词: 计算机视觉; 局部不变特征; 特征点; 波动区间; 尺度不变特征转换 (SIFT)

Extraction precision of local invariant feature points

Teng Ri, Zhou Jin, Jiang Ping, Cui Xiongwen

Photoelectric Technology Research Institute of Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610209, China

Abstract: **Objective** As a popular research direction in computer vision, the development of local invariant feature algorithms has become more and more mature and stable. But now, almost all the feature point extraction algorithms cannot give the accuracy index of feature points. In fact, the precision of feature points' position is requested in many areas, such as device calibration and visual inspection. To solve this problem, this paper proposed a feature point precision index-feature point's range. Since there are always disturbances in the process of acquiring images, it is difficult to obtain absolutely perfect images and feature points. This paper defines the feature point's range as the range of a feature point's fluctuation in different conditions which is stable in different disturbances. **Method** This paper chooses the most popular algorithms of local invariant feature named SIFT (Scale-invariant feature transform) as an example. To make the result more intuitive and clear, the experiment selects those pictures whose backgrounds are simple and objectives are clear. This paper analyses the fluctuation of feature points in noise conditions, fuzzy conditions, light transform conditions and all those disturbances which are the common interferences in actual operations to achieve the fluctuation range of different feature points. First, this paper establishes the experimental galleries. We make not only a noise gallery, light treatment gallery and fuzzy

收稿日期: 2015-05-06; 修回日期: 2015-07-16

第一作者简介: 滕日 (1991—), 女, 中国科学院光电技术研究所通信工程专业硕士研究生, 主要研究方向为局部特征算法。

E-mail: 736900227@qq.com

diagram gallery but also a gallery which contains the three disturbances. It is worth noting that considering the randomness of noise, we generate 100 pictures for one noise intensity. Secondly, the stable feature points which can be detected in all disturbances are found by matching. We get 16 points in this experiment which has its own point cloud. Once more, because different points fluctuate differently in different situations, we use a circle to fit every point's fluctuation in different conditions. It means we use a circle to fit every point's cloud. The radius of those circles can characterize those feature points' ranges. Last but not least, this paper uses histograms which is very intuitive to describe every point's fluctuation. In addition, those points' coordinates are provided. **Result** In this experiment we gain 16 stable points. This experiment shows that the fluctuation ranges of different feature points are different, but there are still a part of feature points whose precisions are higher. The points whose fluctuations are smaller in the case of the presence of interference can be considered as better and more accurate points. Selection of feature points is based on the following work. If the requirement of precision is higher, a lower threshold should be designated. **Conclusion** Therefore, fluctuation range can characterize the precision of different points very well. This can underpin the related work. Although this paper chooses SIFT feature point as an example, other local invariant feature points' have similar properties. This paper provides an idea and method to study feature points' properties to be helpful to the related work.

Key words: local invariant feature; feature points; fluctuation range; scale-invariant feature transform

0 引言

自20世纪70年代Moravec提出兴趣点^[1]概念开始,局部不变特征已经历了40余年的发展。从Harris角点,到Linderberg尺度空间,再到如今热门的SIFT(scale-invariant feature transform)特征和SURF特征,局部不变特征算法已经趋于成熟、稳定,并广泛应用于目标识别、设备标定、视觉测量等领域。然而,局部不变特征算法仍然存在许多问题,如:相应测试图库不完善,评价指标单一等。针对于提取出的特征点的性质研究更是空白^[2-4]。

然而,在许多实际应用中,针对特征点自身性质的研究也是十分重要和有意义的:无论是设备标定还是视觉测量,都需要得到在不同干扰情况下位置更加精确的特征点;而在进行目标识别过程中,如果可以获得在不同干扰条件下精度都较优质的点,无疑可以精简特征库,提高识别效率。

因此,针对特征点自身波动情况即提取精度的研究是十分重要的。笔者在实验中发现,对于同一特征提取算法所提取的不同特征点,虽然整体上具有相同的性质,然而在不同干扰条件下却存在不同的波动情况。以时下应用较为广泛的局部不变特征提取算法SIFT为例,通过实验阐明这一结论。

1 局部不变特征点的波动区间

在实际应用中,图像采集设备往往会受到来自自身或外界的一定干扰,一般而言这些干扰主要包括噪声、模糊和光照变化。因此,当设备受到一定干扰时,图像中所提取的特征点可能会与实际位置有所偏差。对于视觉测量和设备标定而言,只有位置相对精准的特征点才能使后续工作更加准确,因此研究特征点的波动很有必要。由于在获取图像的过程中或多或少存在着干扰^[5-6],绝对完美的图像和特征点是难以获取的,因此本文将特征点的波动区间定义为:可以检出的相对稳定的特征点,在不同干扰条件下的波动范围圆的半径。图1为两个波动特性不同的特征点。可以看出,在干扰存在的情况下,图1(a)的点波动范围更小,可以认为是更优良精确的点。

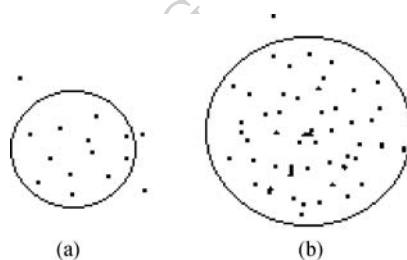


图1 特征点的波动示意图

Fig. 1 The volatility schematic of feature points

2 实验内容

2.1 实验环境

本次实验平台为 win8 系统下 matlab2008, 特征提取算法代码来自 SIFT 的提出者 David Lowe^[7]。

为使实验结果更直观明确, 实验选取背景相对简单, 目标较为明确的图像, 如图 2 所示。



图 2 实验用图举例

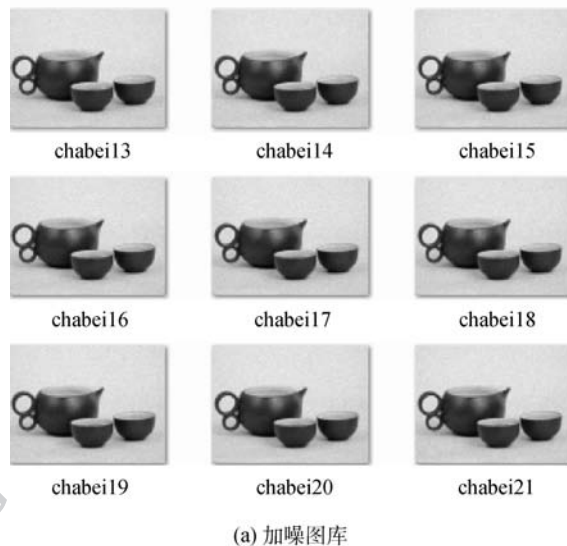
Fig. 2 The examples of the experimental images

2.2 实验步骤

1) 生成测试图库。首先, 对实验图片进行噪声叠加, 由于 SIFT 特征点本身具有整体抗噪性, 因此可以认为加入噪声后仍然有相当部分的特征点可以被提取出。考虑到噪声会对特征点产生覆盖, 因此同一强度的噪声随机添加 100 次, 即同一噪声强度下针对同一幅图像可以产生 100 幅图像。重复这一过程 5 次, 将噪声强度分别调至 0.01、0.02、0.03、0.04、0.05。得到的图库如图 3 所示。

其次, 对实验图像进行模糊处理, 模糊处理与噪声处理的区别在于, 一个模糊半径只能得到确定的一幅模糊图像, 而不像噪声一样可以在同一强度下获得不同的加噪图。因此, 同一图像, 对其进行模糊半径从 1~3 均匀分布的模糊处理, 得到 200 幅模糊后的图像, 得到图库如图 4 所示。

再次, 对图像进行光照处理, 光照处理和模糊处理相同, 一个光照强度下只能得到一个处理后图像, 因此, 针对一幅图像对其进行亮度强度从 0.6~1 均匀变化的亮度变化处理, 可以得到 200 幅图像, 得到图库如图 5 所示。



(a) 加噪图库



(b) 加噪效果示意图

图 3 叠加噪声结果示意

Fig. 3 Results of noise((a) noise galleg; (b) sketch map)

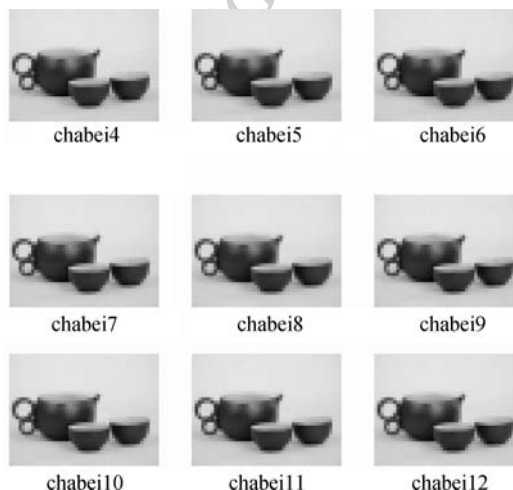


图 4 模糊结果示意图

Fig. 4 Results of the fuzzy diagram

最后, 对图像同时进行噪声、光照及模糊处理, 得到结果如图 6 所示。需要注意的是, 由于前 3 步

可以分别得到不同干扰下的实验结果,因此,这一步骤中图像的噪声、光照及模糊处理强度为同步增大,且在同一光照变换及模糊强度下,相应地只叠加一

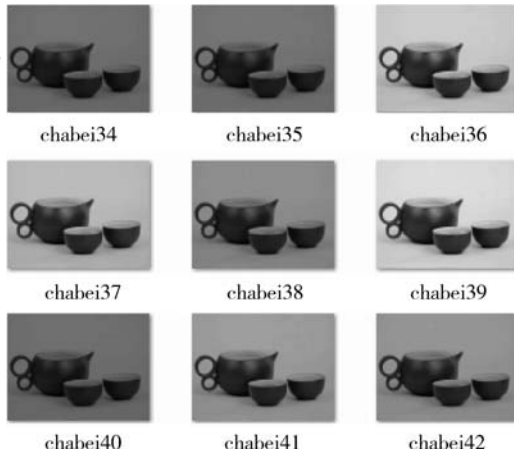
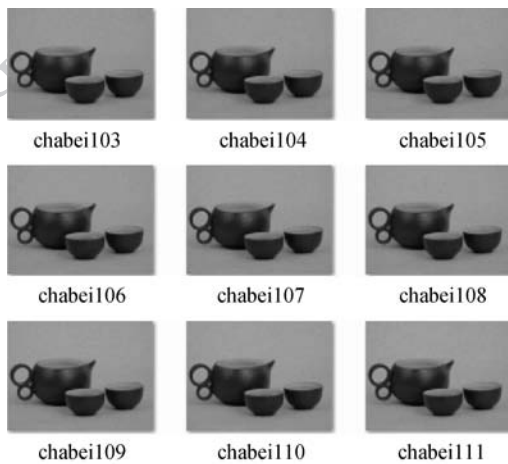


图5 光照处理结果示意图

Fig. 5 Results of the light treatment



(a) 图库示意



(b) 加噪、光照及模糊处理结果示意图

图6 同时进行噪声、光照及模糊处理结果图

Fig. 6 Results of the three disturbances((a) the sketch of the gallery; (b) the gallery of the result)

次随机噪声。本文对实验图像同步进行噪声强度从0.001~0.005,光照强度从0.5~1,模糊强度(散焦半径)0~2的处理,为噪声强度叠加递增公式为

$$n = 0.001 + i \times 0.00002 \quad (1)$$

光照强度叠加递增公式为

$$lt = 0.5 + i \times 0.0025 \quad (2)$$

散焦半径叠加递增公式为

$$fr = 0 + i \times 0.01 \quad (3)$$

式中, i 为从1~200逐一递增的整数。 n 为噪声强度, l 为光照强度, f_r 为模糊半径。

可以得到相应图库如图6所示。

2)对得到的图库进行SIFT特征点提取,并选择合适的实验点。由于SIFT特征点整体上具有抗噪性、抗模糊性及抗光照变化性,因此认为在进行如上处理后得到的特征点仍有相当一部分重复的点。利用K-D树快速匹配算法,将图库中特征点进行匹配^[8],选择16个较为稳定(在加入噪声、模糊变换和光照变换条件下都被检出)的点作为研究对象,分别生成相对应的点云。图7为某个特征点在加入噪声情况下形成的点云。为更方便地计算波动半径,对点云进行了中心点位置归零的处理。

3)对实验点进行波动统计。无论是噪声处理或是模糊光照处理^[9-12],特征点都会呈现出在一个范围内波动,对波动的特征点用圆进行拟合,圆的半径即为波动范围,由于会存在个别偏差过多的点,因此根据拟合准则将以90%的点为基准进行拟合,忽略偏差过大的点。拟合过程大致如下:针对一个点产生的点云,先任选其中两点,取其中点为圆心,产生圆,加入新的点判断其是否在圆中,若否则更新半径和圆心位置,更新遵从更新迭代公式

$$R = (r + d)/2 \quad (4)$$

$$C = c + (d - r)/d \times (N - c) \quad (5)$$

依次迭代直到最后一个点。式中, R 为更新半径, r 为旧半径, d 为不在旧圆中的点与旧圆圆心的距离。 C 为更新圆心坐标, c 为旧圆圆心坐标, d , N 为不在旧圆中的新点坐标。

考虑到存在个别点可能偏差过大影响结果,最后选择最集中的90%点的半径作为拟合半径。图8为拟合结果图。

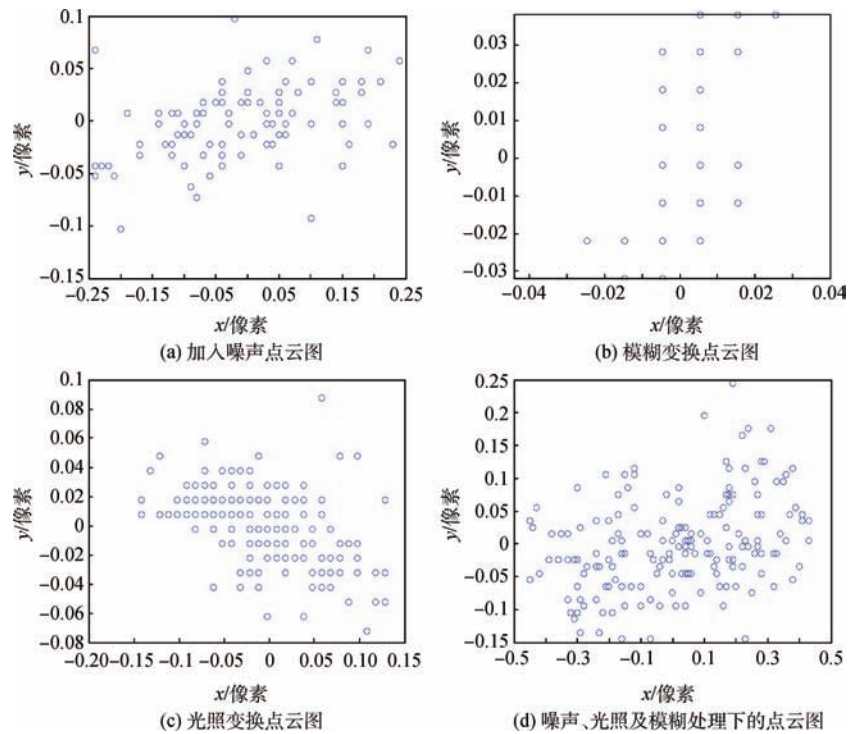


图7 点云

Fig. 7 Points cloud((a) point cloud of noise; (b) point cloud of fuzzy transformation; (c) point cloud of light treatment; (d) point cloud of the three disturbances)

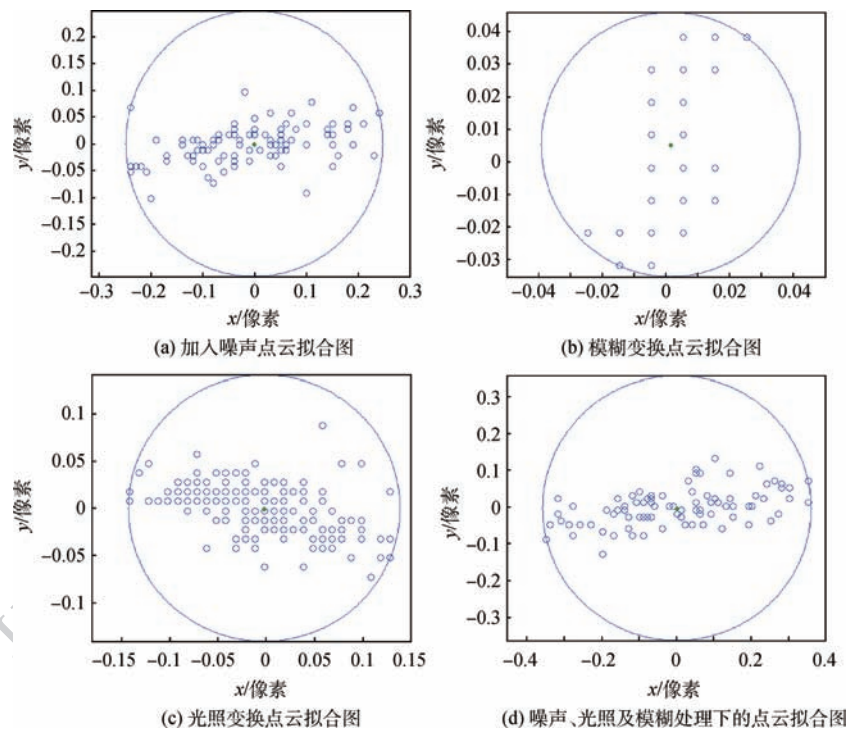


图8 特征点波动拟合结果图

Fig. 8 The fitting results of points cloud((a) the fitting result of noise; (b) the fitting result of fuzzy transformation; (c) the fitting result of light treatment; (d) the fitting result of the three disturbances)

3 实验结果

分别对加入噪声、进行模糊变换及光照变换的点进行波动半径统计。由于实验图像自身限制,实验点坐标将列在表 1 中,这一坐标为点对应在图像中的坐标。由于点存在波动,因此,表 1 只是选择相应点在某一个处理下的坐标位置,即模糊位置。

图 9 分别为加入噪声处理、进行模糊处理和光照处理后点的波动统计直方图。其中纵坐标为其波动半径,横坐标为点的编号,与表 1 一一对应。需要注意的是,由于加入噪声过程中存在一定随机性,针对每个强度的噪声都进行了 100 次实验以获得点云,因此针对噪声的统计直方图中每个点对应 5 个直方柱,分别为 5 个噪声强度下的波动半径。

表 1 点的位置表

Table 1 Positions of the points

编号	坐标(x,y)	编号	坐标(x,y)
1	(197.4,294.3)	9	(235.98,359.54)
2	(218.39,143.8)	10	(270.68,244.49)
3	(513.84,351.19)	11	(67.25,244.24)
4	(513.83,351.20)	12	(81.47,313.50)
5	(347.31,387.07)	13	(57.86,291.97)
6	(402.16,283.47)	14	(57.86,291.97)
7	(331.48,255.06)	15	(376.90,193.38)
8	(331.64,255.09)	16	(376.90,193.38)

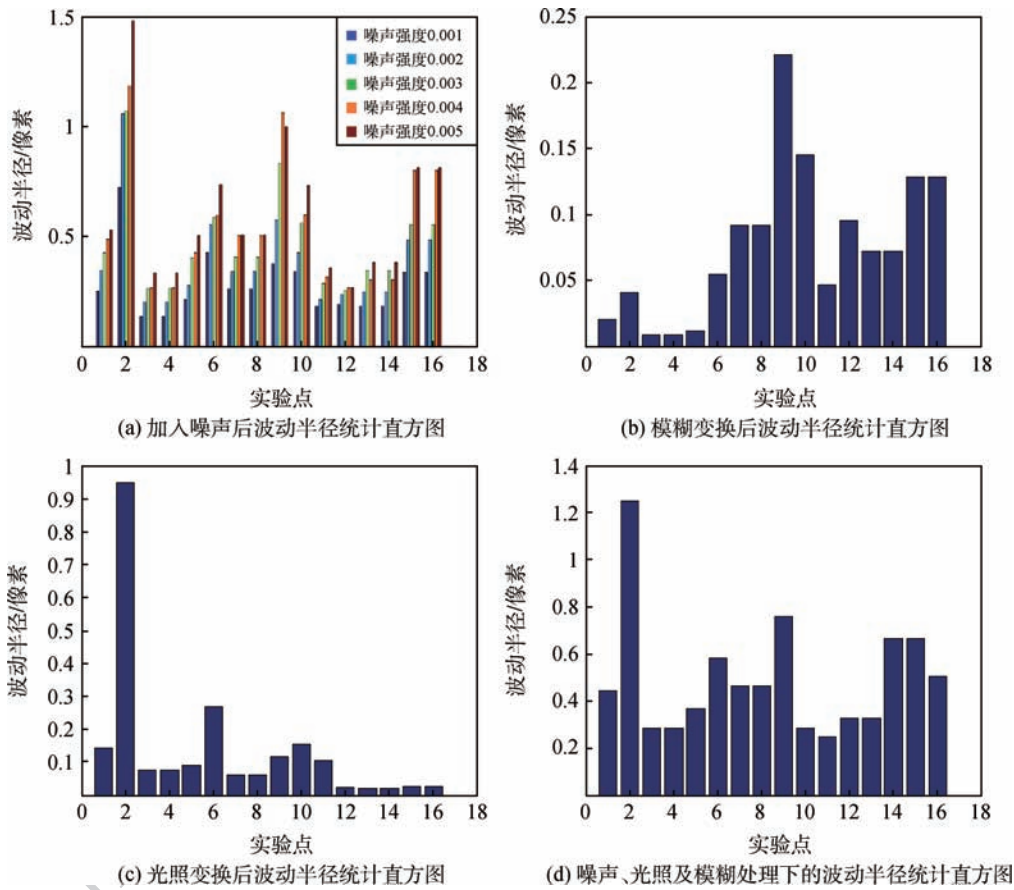


图 9 实验结果图

ig. 9 Results of experiment(The fluctuation radius histogram of treatment with (a)noise; (b)fuzzy transformation; (c)light treatment; (d)those three disturbances)

4 结 论

根据以上实验结果可以明显地看出,即便是可以在干扰条件下稳定检出的点,也存在明显的波动性,而点在不同干扰条件下的波动状况也不尽相同,如点 2,虽然在模糊条件下较为精准,但在光照和加噪声条件下波动十分剧烈。在 3 种干扰都叠加的情况下,点 3、点 4、点 5、点 7、点 8、点 11 等表现较好。对点的选择要根据后续工作的需要进行选择,比如只考虑噪声条件下位置较为精确的点,那么选择点 1、点 3、点 4、点 5、点 7、点 8、点 11、点 12、点 13 及点 14 都是可以的,如果精确度要求更高,可以划定更低阈值进行选择。

本文仅以 SIFT 为例对特征点的波动特性进行研究说明,但事实上其他局部不变特征算法检出的特征点也存在类似的波动性。本文为研究特征点的波动、找出特征点波动半径提供了一个思路和方法,希望可以对相关后续工作起到一定的积极作用。

参考文献 (References)

- [1] Wang Y M, Wang J G. Image Local Invariance Features and Descriptions [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2010: 10-25. [王永明,王贵锦. 图像局部不变性特征与描述[M]. 北京:国防工业出版社,2010:10-25.]
- [2] Li C L, Ma L Z. A new framework for feather descriptor based on SIFT [J]. Pattern Recognition Letters, 2009, 30: 544-557.
- [3] Liu L, Zhan Y Y. A survey of scale invariant feature transform operator [J]. Journal of Image and Graphics, 2013, 18(8): 885-892. [刘立,詹茵茵. 尺度不变特征变换算子综述[J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(8): 885-892.] [DOI: 10.11834/jig.20130801]
- [4] Yu F. Research on moving target and tracking strategy based on SIFT [D]. Beijing: Yanshan University, 2014. [于菲. 基于 SIFT 的运动目标与检测跟踪策略研究[D]. 北京:燕山大学, 2014.]
- [5] Zhu Q, Liu X, Cai C T. Local invariant feature description for image with high robustness and uniqueness [J]. System Engineering and Electronic Technology, 2013, 35(9): 1983-1988. [朱齐,刘学,蔡成涛. 高鲁棒性和独特性的图像局部不变特征描述[J]. 系统工程与电子技术, 2013, 35(9): 1983-1988.] [DOI: 10.3969/j.issn.1001-506X.2013.09.30]
- [6] Zhou D B, Huo L J. Automatic target recognition based on local invariant features [J]. Photon Journal, 2014, 44(2): 505-513. [周达标,霍丽君. 基于局部不变特征的目标自动识别[J]. 光子学报, 2014, 44(2): 505-513.]
- [7] Lowe D G. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.
- [8] Gilinsky A, Manor L Z. SIFTpack: a compact representation for efficient SIFT matching [C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision. Sydney: IEEE Computer Society, 2013: 777-784.
- [9] Wang C J, Sun T, Chen J. A new fast local invariant feature algorithm [J]. Infrared and Laser Engineering, 2014, 43(6): 718-724. [王灿进,孙涛,陈娟. 一种新的快速局部不变特征算法[J]. 红外与激光工程, 2014, 43(6): 718-724.] [DOI: 10.3969/j.issn.1007-2276.2014.06.056]
- [10] Yu L L, Dai Q. An improved SIFT feature matching algorithm [J]. Computer Engineering, 2011, 37(2): 210-212. [于丽莉,戴清. 一种改进的 SIFT 特征匹配算法[J]. 计算机工程, 2011, 37(2): 210-212.] [DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2011.02.073]
- [11] Li L L. A fast image registration algorithm based on wavelet transform and SIFT [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2013. [李龙龙. 结合小波变换和 SIFT 算法的遥感图像快速配准算法[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2013.]
- [12] Yang S P, Chen J. A image feature matching method based on SIFT [J]. Electronic Measurement Technology, 2014, 37(6): 50-53. [杨世沛,陈杰. 一种基于 SIFT 的图像特征匹配方法[J]. 电子测量技术, 2014, 37(6): 50-53.] [DOI: 10.3969/j.issn.1002-7300.2014.06.013]