

# 基于图像质量分析与分割算子的 图像特征点匹配算法

杜媛

(西安职业技术学院 西安 710077)

**摘要:**为了解决当前由于图像成像质量不稳定和分割不准确所导致图像匹配错误的不足,基于图像质量分析优化和分割算子,提出了基于图像质量分析和图像分割的图像匹配系统。根据图像对比度,建立质量评价函数,通过调节相机曝光,达到图像对比度分明的目的。通过阈值分割和形态学处理设计目标分割算子,根据目标特征匹配度,完成图像目标匹配。集成图像质量优化算子与分割算子于图像匹配系统,并编程实现,实验测试结果显示:与当前图像匹配方法相比,在图像成像质量不稳定的状况下,该方法拥有更高的匹配准确度。

**关键词:** 图像匹配;图像质量分析;分割算子;质量评价函数;阈值分割;形态学

**中图分类号:** TN391;TN014 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.6040

## Image feature point matching algorithm based on image quality analysis and segmentation operator

Du Yuan

(Xi'an Vocation and Technology College, Xi'an 710077, China)

**Abstract:** In order to solve the current image quality due to unstable and inaccurate segmentation in image matching error analysis and optimization of rent, the segmentation of image quality based on the proposed operator, image quality analysis and image segmentation based on matching system. Firstly, according to the contrast of the image, the quality evaluation function is set up. By adjusting the camera exposure, the purpose of image contrast is clear. Then, the target segmentation operator is designed by threshold segmentation and morphological processing. Finally, the integrated image quality optimization operator and segmentation in image matching system, and programming, the experimental test results show that compared with the current image matching method, this method has higher accuracy.

**Keywords:** image matching; image quality analysis; segmentation operator; quality evaluation function; threshold segmentation; morphology

## 0 引言

随着“中国制造 2025”等国家战略级政策的倡导,越来越多的制造企业深入推进以智能设备代替人工作业的项目,最终导向是:人力精简、生产效率提高、品质提高和企业竞争力强化<sup>[1-2]</sup>。智能设备推进的第一步是,使设备具有人眼的功能,甚至作业重复精度上,超越人眼<sup>[3-4]</sup>。但是国内自动化设备起步晚,同时计算机视觉技术投入市场应用的时间短,因此大多数厂家的设备机器视觉功能抗干扰性差,尤其在车间恶劣环境下,图像质量异常时缺乏报警和自我优化功能,最终影响图像目标匹配。

在图像目标匹配方面,国内研究人员已经取得了一定

研究成果,如朱奇光<sup>[5]</sup>提出了基于全局和局部特征融合的图像匹配算法,首先,采用颜色特征对图像序列进行粗匹配,选取与测试图像最相近的5幅图像作为待匹配图像;其次,改进 SURF 算法,用 Krawtchouk 矩对采用 Hessian 矩阵获取的关键点进行描述,计算关键点的梯度方向和幅值,得到新的特征向量,对待匹配图像提取改进 SURF 特征再与测试图像进行精确匹配,得到最佳匹配图像。但是,此技术未充分考虑图像成像质量受到影响时,系统如何报警并优化,异常发生时,往往影响了图像目标匹配准确性。杨松<sup>[6]</sup>提出了基于 SIFT 特征的快速图像匹配算法,为了提高特征点的匹配速度,提出改进的 SP-Tree 结构解决“回溯”问题,在结点集分割时设置参数合理确定左右超平面位

置,引入平衡因子作为结点分割方法选择的依据,采用近似最近邻搜索算法加快特征点匹配速度。然而,这种技术仅采用单纯分割,未配合形态学优化处理,前期分割不准确时,往往不能准确匹配图像目标。

为了提高图像匹配精度,且在图像成像质量不理想时,能够及时报警并优化。本文以电子电路板上的基准点(mark)作为匹配对象,提出了基于图像质量分析和分割算子的图像匹配算法,并编程实现,验证本文系统功能。

## 1 本文图像匹配算法

本文主要实现的功能流程是:先对图像质量进行实时评价,不满足要求时,实时调节相机曝光,再评价后,完成图像质量分析有优化。然后结合最大类间阈值分割和形态学处理,得到包含目标在内的二值图像,提取特征后分析判断是否在标准特征范围内,如果在范围内,即判为目标并用红色标准目标轮廓,完成图像匹配。具体系统软件架构流程如图 1 所示。

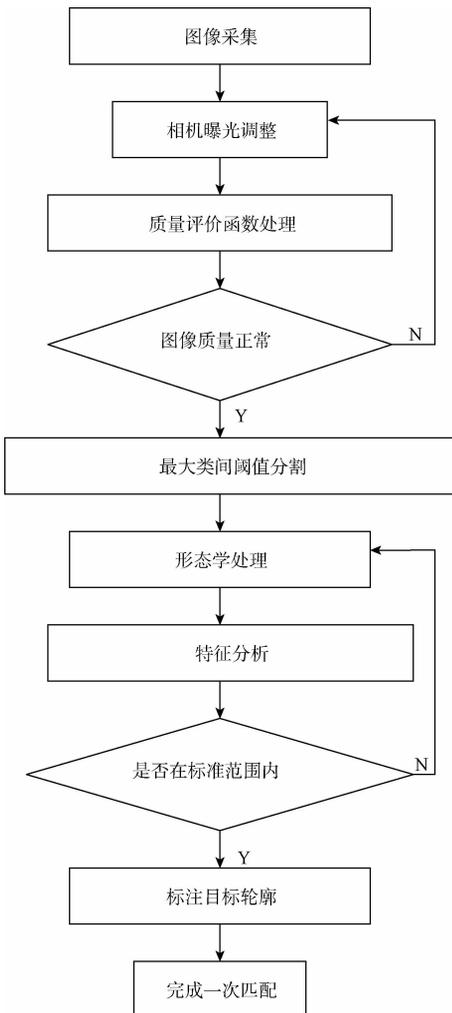


图 1 系统软件架构

### 1.1 图像质量评价与优化

图像目标匹配不准确的原因很大程度来自前期采集图像的质量异常,尤其在产线恶劣环境下,往往光照异常,导致图像对比度降低。因此本文在进行正式图像匹配前,加入图像质量评价与优化算子,目的是提前预警成像异常和优化图像质量。图像质量评价是本节核心,图像评价即即建立数学模型,基于公式得出评价结果,依赖原始图像作为测试图像质量评价的计算参考,均方误差(mean squared error, MSE)如下:

$$MSE = \frac{\sum_i^N \sum_j^M (f_{ij} - f'_{ij})^2}{N \cdot M} \quad (1)$$

式中: $(i, j)$ 为图像中一坐标, $N, M$ 分别为图像长宽, $f, f'$ 分别为原始图像和测试图像;MSE 越高,代表测试图像质量越低<sup>[7]</sup>。

而峰值信噪比(peak signal to noise rate, PSNR)如下:

$$PSNR = \frac{10 \cdot \log L^2}{MSE} \quad (2)$$

式中: $L$ 为最大像素值;峰值信噪比为图像最大信号量与噪声强度的比值,PSNR 越低,代表测试图像质量越低<sup>[8]</sup>。

为了进一步增强本文图像质量评价鲁棒性,不依赖原始图像,仅计算测试图像本身属性,完成质量评价,清晰度评价函数(相邻像素灰度方差法)如下:

$$SMD = \frac{\sum |f'(i, j) - f'(i, j-1)| + \sum |f'(i, j) - f'(i+1, j)|}{M \cdot N} \quad (3)$$

其中,SMD 值越高,代表边缘锐度越高,图像越清晰。对比度评价函数(8 邻域之差平方和)如下:

$$CTT = \frac{[8 \cdot f'(i, j) - f'(i-1, j-1) - f'(i, j-1) - f'(i+1, j-1) - \sum_i^N \sum_j^M f'(i-1, j) - f'(i+1, j) - f'(i-1, j+1) - f'(i, j+1) - f'(i+1, j+1)]^2}{N \cdot M} \quad (4)$$

其中,CTT 值越高,代表对比度越高,图像质量越高。图像统一亮度分布函数如下:

$$GLD = \sum_{k=0}^L \log(n_k + 1) \quad (5)$$

$$L \log \left[ \frac{\sum_{k=0}^L \log n_k}{L} + 1 \right]$$

式中: $n_k$ 代表灰度级为 $k$ 的像素个数, $L$ 代表灰度最高值;GLD 越高,代表图像像素分布均匀,图像信息充实,图像内容满意度越高<sup>[9]</sup>。

综上,如图 2 所示,本文以均方误差、峰值信噪比、清晰度评价函数、对比度评价函数、图像统一亮度分布函数作为图像质量评价标准,如果找出标准范围,则调整相机曝光,

直到评价结果在标准范围内(标准范围为工程基准,由实验部分给出)。待处理的图像如图 3 所示,可见对象整体对比度低,曝光偏高,经过本文算法处理,图像对比度、清晰度提高,如图 4 所示。

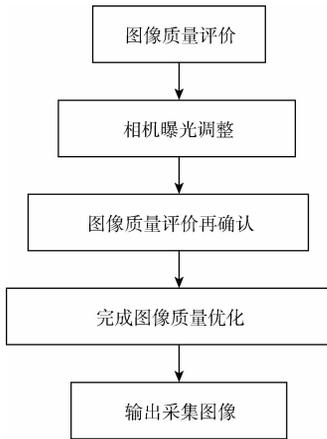


图 2 图像质量分析与优化算子流程

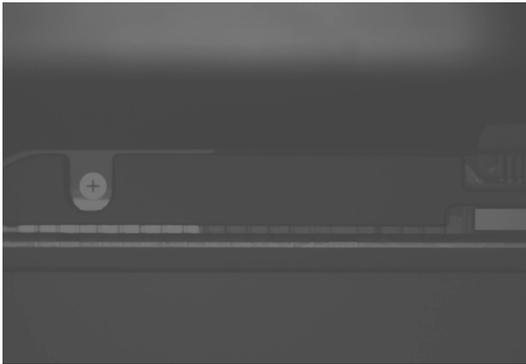


图 3 待图像质量分析图像

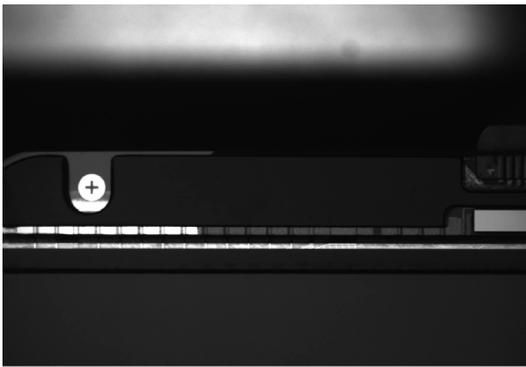


图 4 图像质量优化后图像

## 1.2 基于灰度阈值与形态学处理的分割算子

得到成像质量满意的图像后,开始做图像目标匹配,本文结合阈值分割与形态学处理,设计了目标分割算子,其过程见图 5。首先采用最大类间方差阈值分割,由最小二乘

原理基础上推导,是一种使用类间方差最大的自动确定阈值的方法。首先求某一灰度级的像素出现概率:

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad (6)$$

式中:  $P_i$  为灰度为  $i$  的概率,  $N$  为图像像素总数,  $n_i$  为灰度为  $i$  的像素总数,  $i$  在灰度范围为  $[0, 255]$ 。设所求最佳分割阈值为  $T$ , 目标像素灰度范围为  $[0, T]$ , 背景像素灰度范围为  $(T, 255)$ , 得到目标区域和背景区域的概率分别为:

$$W_0 = \sum_{i=0}^T P_i \quad (7)$$

$$W_1 = 1 - W_0 \quad (8)$$

式中:  $W_0$  代表目标区域概率,  $W_1$  代表背景区域概率。建立目标区域和背景区域灰度均值:

$$u_0 = \sum_{i=0}^T iP_i / W_0 \quad (9)$$

$$u_1 = \sum_{i=T}^{255} iP_i / W_1 \quad (10)$$

式中:  $u_0$  代表目标区域灰度均值,  $u_1$  代表背景区域灰度均值。接着求整图灰度均值  $u$ , 如下所示:

$$u = W_0 u_0 + W_1 u_1 \quad (11)$$

令  $T$  在  $[0, 255]$  以步长为 1 依次递增取值, 联立下式求类间方差:

$$\sigma^2 = W_0 W_1 (u_0 - u_1)^2 \quad (12)$$

式中,  $\sigma^2$  为背景与目标的类间方差, 当  $\sigma^2$  最大时对应的  $T$  即为最佳阈值<sup>[10]</sup>。

图 4 经过本文分割处理的结果如图 6 所示, 可见得到包含目标在内的二值图像, 但是图中还有杂质, 故采用形态学腐蚀处理(较为简单)得到图 7。可见准确得到目标二值图像, 最后提取目标面积与周长特征, 与标准范围比较, 符合则标注目标轮廓, 完成匹配, 如图 8 所示, 准确匹配图像 mark 基准点目标。

## 2 实验与讨论

为了体现本文算法的优势, 将文献[5]、文献[6]所涉及的图像匹配性能较好的技术设为对照组, 本文系统基于 VS2015 平台开发实现, 算法实验参数为: 均方误差(0.63)、峰值信噪比(0.72)、清晰度评价函数值(0.97)、对比度评价函数值(0.43)、图像统一亮度分布函数值(0.87)、标准特征面积(89)、标准特征周长(172)。

待处理原图如图 9 所示, 可见图像对比度、清晰度偏低。本文图像目标匹配系统结合图像质量分析优化和图像分割的处理流程, 基于均方误差、峰值信噪比、清晰度评价函数值、对比度评价函数值、图像统一亮度分布函数值, 完成图像评价, 并通过相机曝光调整, 完成图像质量优化, 如图 10 所示, 为本文图像质量优化后结果, 为分割准备。如图 11 所示, 为本文图像分割结果, 采用最大类间方差阈值确定技术, 可见准确得到包含目标在内的二值图像。如图 12 所示, 经过本文形态学处理, 即对目标周边干扰进行腐

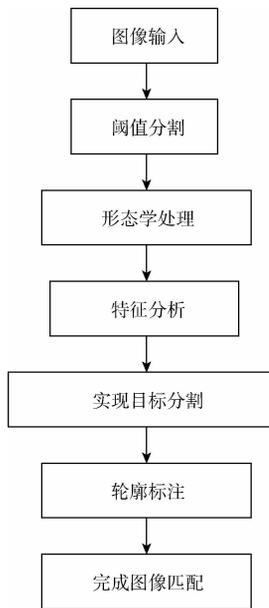


图 5 分割算子流程

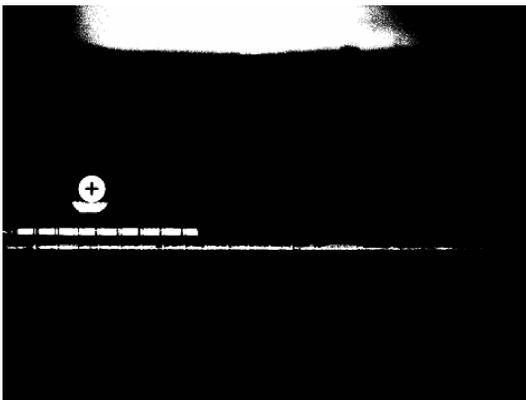


图 6 阈值分割图

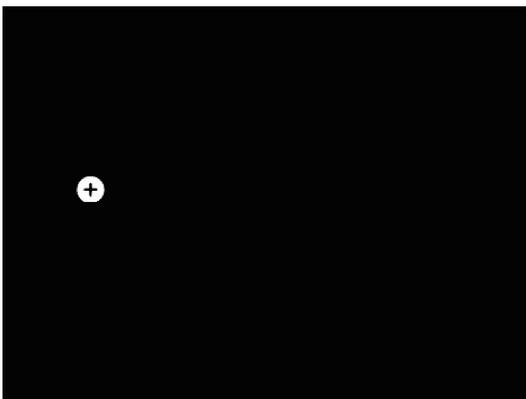


图 7 形态学处理图

蚀处理,可见准确去除杂质干扰,进一步得到精确的二值结果。如图 13 所示,经过特征(面积、周长)提取,与标准特征

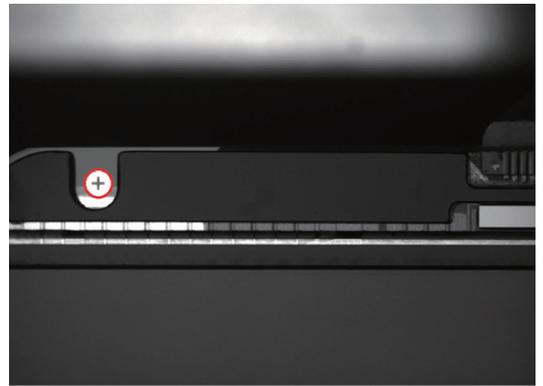


图 8 图像匹配结果

比较,得到匹配结果,可见本文匹配机制准确的定位了图像目标(基准点)。

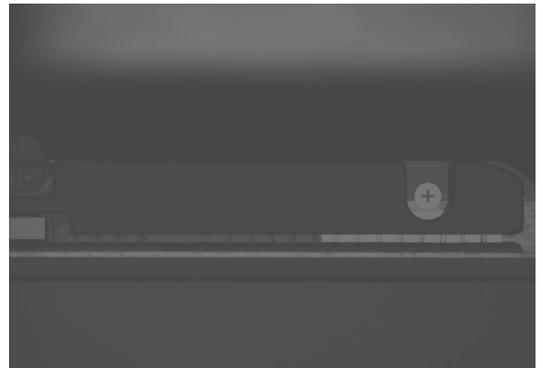


图 9 原图

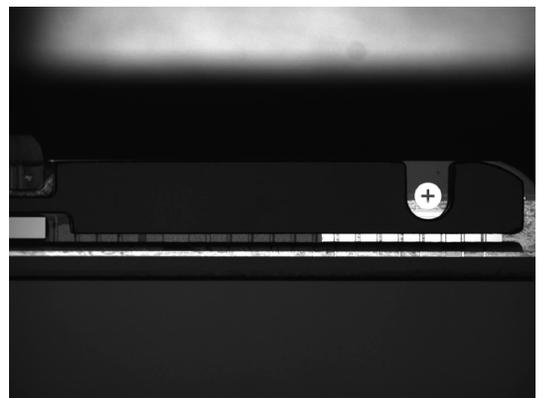


图 10 质量优化后图像

而利用对照组文献[5]技术处理图 9,由于此技术未充分考虑图像成像异常时的干扰,系统未进行如何优化补偿,单当异常发生时,往往影响了图像目标匹配准确性,如图 14 所示,标注 1 的区域,可见存在明显的匹配偏差,影响作业的完成。

利用对照组文献[6]技术,只进行单纯的模板匹配分割处理图 9,未考虑杂质的有效去除干扰,往往不能精确完成

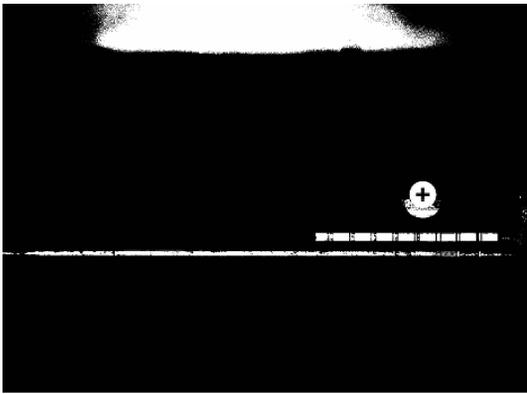


图 11 阈值分割效果

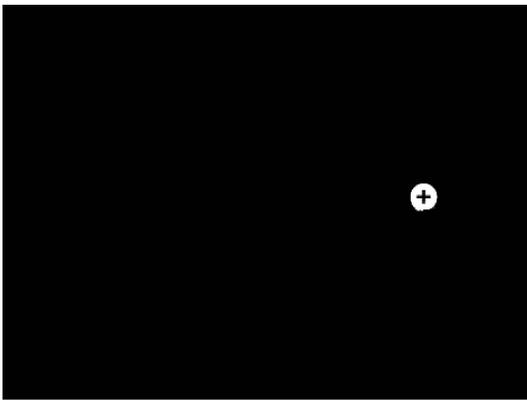


图 12 形态学处理效果

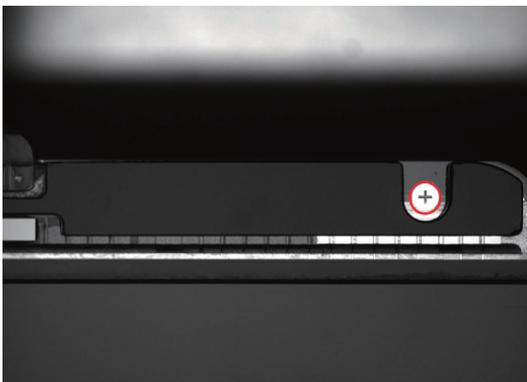


图 13 图像匹配结果

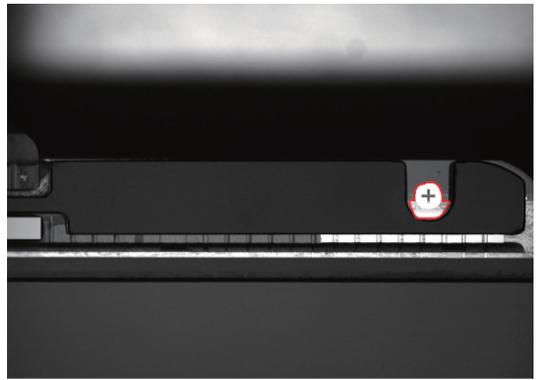


图 14 文献[5]匹配结果

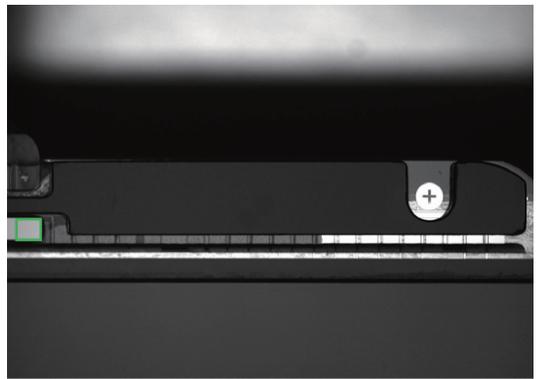


图 15 文献[6]匹配结果

[6],但是其匹配准确度最高,能够在图像成像质量不佳的条件下准确定位目标。

表 1 3 种算法对图 9 的匹配耗时

名称	本文算法	文献[6]	文献[5]
耗时/s	2.76	2.05	3.81

同时,为了量化 3 种算法的匹配精度,本文利用普通工业相机在车间采集工件图像,总数量为 120 幅,其中,成像质量不佳的图像有 80 幅,图像质量正常的有 40 幅。再利用本文算法、文献[5]、文献[6]对其进行匹配,得到三者的匹配正确率如表 2 所示。根据表 2 可知,本文算法的匹配精度最高,特别是在成像质量不佳的条件下,本文技术具有更大的优势,其匹配精度约为 93.33%,而文献[5]、文献[6]两种技术的匹配正确率分别为 43.4%、31.67%。

表 2 3 种算法的匹配精度测试结果

名称	本文算法	文献[5]	文献[6]
正确匹配数量	112	52	38
错误匹配数量	8	68	82
正确率/%	93.33	43.34	31.67

匹配,如图 15 所示,标注 2 的区域,可见存在明显的匹配偏差,影响作业的完成。

另外,3 种算法对图 9 进行匹配时,其耗时如表 1 所示。根据表中数据可知,文献[6]因其使用了 SP-Tree 结构,使其效率最高,约为 2.05 s,而本文算法的效率要略低于文献[6]技术,其耗时约为 2.76 s,文献[5]算法因其使用了全局特征,使其计算量较大,其匹配效率最低,其耗时约为 3.81 s。

综上所述,虽然本文算法的匹配效率要略低于文献

### 3 结 论

为了解决当前由于图像成像质量不稳定和分割不准确,导致图像匹配错误的问题,本文分别从图像质量分析后优化和分割算子的角度出发,提出了基于图像质量分析和图像分割的图像匹配系统。首先,根据图像对比度,建立质量评价函数,通过调节相机曝光,达到图像对比度分明的目的。然后,通过阈值分割和形态学处理设计目标分割算子,根据目标特征匹配度,完成图像目标匹配。实验结果表明,相较普通技术,本文的图像目标匹配方法具有更高精度。

### 参考文献

- [1] 戴雪梅. 基于改进 ORB 的图像特征点匹配研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 31(17):116-119.
- [2] ZHANG Z F, Y LIU, WU X S. Integrated color defect detection method for polysilicon wafers using machine vision [J]. Advances in Manufacturing, 2014, 2 (4): 318-326.
- [3] 杨世沛, 陈杰, 周莉. 一种基于 SIFT 的图像特征匹配方法 [J]. 电子测量技术, 2014, 37(6):49-52
- [4] ZHANG Z, YANG J. The density fraction estimation of coarse coal by use of the kernel method and machine vision [J]. Utilization, and Environmental Effects, 2015, 37 (2): 181-191.
- [5] 朱奇光, 张朋珍, 李昊立, 等. 基于全局和局部特征融合的图像匹配算法研究[J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(1):170-176.
- [6] 杨松. 一种基于 SIFT 特征的快速图像匹配算法[J]. 计算机应用与软件, 2016, 33(7): 186-189.
- [7] HANHART P, BERNARDO M V. Benchmarking of objective quality metrics for HDR image quality assessment [J]. EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2015 (1): 1-18.
- [8] BAKWAD K M, PATTNAIK S S, SOHI B S. Bacterial foraging optimization technique cascaded with adaptive filter to enhance peak signal to noise ratio from single image [J]. Journal of Research, 2011, 55 (4): 173-179.
- [9] 陈丽娟. 光学图像复原的质量评价与分析[J]. 激光杂志, 2016, 11(17):246-249.
- [10] 熊文昌, 王宏琦, 张月婷. 基于栅格化模型的 SAR 图像仿真方法研究[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(7):59-63.
- [6] ZHU M CH, WANG W ZH, LIU B H. A fast image stitching algorithm via multiple-constraint corner matching [J]. Mathematical Problems in Engineering, 2013(5):1-6.
- [7] 张勇. 基于改进 SIFT 特征点匹配的图像拼接算法研究[J]. 微电子学与计算机, 2016, 13 (1): 165-172.
- [8] LUCHOWSKI L. Adapting the RANSAC algorithm to detect 2nd-degree manifolds in 2D and 3D [J]. Theoretical & Applied Informatics, 2012, 24(2):151-158.
- [9] 陈思聪, 一种用于图像拼接的改进 BRISK 算法 [J]. 液晶与显示, 2016, 16(13): 25-32.
- [10] 樊晓婷, 马巧梅, 陈够喜, 等. 信息熵和差分激励融合的图像拼接检测[J]. 计算机工程与设计, 2015, 11(3): 65-72.

### 作者简介

杜媛, 1984 年出生, 硕士, 讲师, 主要研究方向为图像处理、目标识别、计算机应用。

### 作者简介

闫娜, 1982 年出生, 女, 硕士, 讲师, 研究方向为图像处理、信息安全、计算机应用。

E-mail: yanN1982xcj@163.com

(上接第 138 页)