

基于机器视觉的二维图像质量缺陷检测研究进展

张德海¹, 祝志逢¹, 李艳芹¹, 黄子帆¹, 马选雄¹, 许宸语¹, 刘祥²
(1. 郑州轻工业大学 机电工程学院, 郑州 450002; 2. 中标防伪印务有限公司, 北京 102218)

摘要: **目的** 机器视觉图像处理技术是近年在图像处理领域发展起来的一门新兴边缘交叉学科, 二维图像的质量检测是印刷行业中必不可少的环节, 分析基于机器视觉的二维图像质量缺陷检测流程, 探索影响基于机器视觉的二维图像质量缺陷检测精度的相关因素, 为后续研究印刷品的二维图像自动化检测和质量控制提供参考。**方法** 在此基础上, 围绕图像预处理中的灰度转换、噪声过滤、固定阈值分割、自适应阈值分割、Otsu 法及边缘检测, 对图像配准中的基于灰度统计信息分布配准方法、基于特征的图像配准方法进行总结, 然后归纳分析图像的缺陷提取和分类。**结论** 以实际例子对上述研究内容进行了提炼, 通过图像预处理中的噪声过滤为后续缺陷提取提供清晰图像, 减少伪影干扰; 通过图像预处理中的灰度变换、阈值分割、感兴趣区域提取减少系统处理时间, 为实现高效的缺陷检测奠定了坚实的基础; 通过图像配准消除了机械振动引起的图像位置偏移, 确保后续缺陷提取的准确性; 通过图像缺陷提取和分类帮助印刷企业找出生产问题, 提供有针对性的改进措施, 可为生产高质量产品提供支持。

关键词: 机器视觉; 印刷质量; 缺陷检测; 图像处理

中图分类号: TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)23-0198-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.23.024

Research Progress of Two-dimensional Image Quality Defect Detection Based on Machine Vision

ZHANG De-hai¹, ZHU Zhi-feng¹, LI Yan-qin¹, HUANG Zi-fan¹, MA Xuan-xiong¹, XU Chen-yu¹, LIU Xiang²

(1. School of Electrical and Mechanical Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China; 2. ZhongBiao Anti-counterfeiting Printing Co., Ltd., Beijing 102218, China)

ABSTRACT: Machine vision image processing technology is an emerging fringe cross-disciplinary discipline developed in the field of image processing in recent years, and the quality inspection of two-dimensional images is an essential link in the printing industry, analyzing the quality defect detection process of two-dimensional images based on machine vision, exploring the relevant factors affecting the accuracy of two-dimensional image quality defect detection based on machine vision, and providing references for the subsequent research and development of automated inspection and quality control of two-dimensional images of printed materials. On this basis, around the gray scale conversion, noise filtering, fixed threshold segmentation, adaptive threshold segmentation, Otsu method and edge detection in image preprocessing, the gray scale statistical information distribution based alignment method and feature based image alignment method in image alignment were summarized, and then the defect extraction and classification of images were summarized and analyzed. The above research content is refined with practical examples. Noise filtering in image preprocessing is used to provide clear images for subsequent defect extraction and reduce artifact interference. Gray scale

收稿日期: 2023-09-12

基金项目: 国家自然科学基金青年项目 (52006201); 国家自然科学基金面上项目 (52275295); 郑州轻工业大学横向项目 (JDG20210045)

transformation, threshold segmentation and region of interest extraction in image preprocessing are used to reduce system processing time, laying a solid foundation for efficient defect detection. The image location offset caused by mechanical vibration is eliminated by image registration to ensure the accuracy of subsequent defect extraction. Image defect extraction and classification can help printing companies find production problems and provide targeted improvement measures for the production of high-quality products, thus providing important support.

KEY WORDS: machine vision; printing quality; defect detection; image processing

印刷缺陷是印刷产品生产中不可避免出现的问题, 其缺陷类型主要包括刀丝、划痕、漏白、漏印、飞墨、污渍、套印不准等。如果不能及时发现印刷缺陷并剔除, 将会影响产品的质量和企业的口碑^[1-2]。面对越来越复杂的印刷图案, 传统的人工检测方法存在效率低、误检率高和漏检率高等缺点, 且易受工人经验和主观因素的影响。基于机器视觉的印刷品二维图像质量检测技术具有检测时间短、准确率高、成本低等优点^[3-4], 该技术的工作原理如图 1 所示。通过传送装置将待检测的印刷品传送到检测箱, 在光源的照射下, 采用工业相机实时采集印刷品数据, 并同步传输给计算机图像处理软件, 对其进行分析处理。如果检测到缺陷, 则发送控制信号, 促使剔除机构分离出有缺陷的产品。

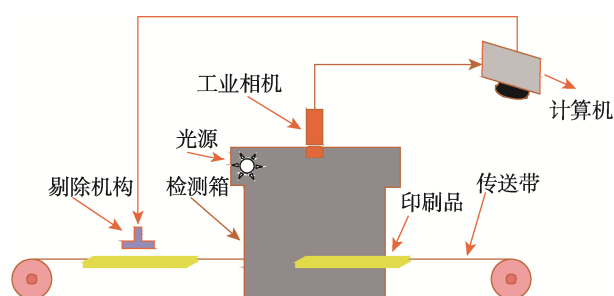


图 1 机器视觉组成
Fig.1 Machine vision composition

印刷品的二维图像质量检测是印刷中必不可少的环节, 通过机器视觉技术可以实现自动化检测和质量控制。关于印刷品的二维图像质量检测方法, 国内外科技人员进行了大量研究。文中从机器视觉图像处理的角度出发, 对图像预处理、图像配准、图像缺陷的提取和分类等 3 个方面进行总结分析, 为厘清方向、开展下一步研究提供借鉴。

1 机器视觉中的图像预处理研究进展

基于机器视觉的图像预处理技术主要包括灰度转换、噪声过滤、固定阈值分割、自适应阈值分割、Otsu 法及边缘检测等。

1.1 图像灰度转换

现有的二维图像质量检测系统常用的图像灰度

化方法有单一分量法、最大值法、平均值法、加权平均值法, 或者直接由黑白相机拍摄得到单通道图像。

最大值法是将彩色图像的 R、G、B 三通道中的亮度最大值作为灰度值^[5]。优点是计算速度快, 对于图像中亮度变化较大的像素, 能够更好地保留其信息。缺点是图像中亮度变化较小的像素可能出现信息丢失的情况。该方法常用于色调较暗的图像处理。

平均灰度法是将彩色图像的 R、G、B 三分量值相加再除以 3, 得到一个灰度值^[6]。优点是计算速度快, 能够较好地保留图像整体信息。缺点是灰度化后的图像过暗, 不易区分目标对象与背景区域。该方法常用于色调较亮的图像处理。

加权平均法是将彩色图像的 R、G、B 三分量按照不同的权重进行加权平均, 得到一个灰度值^[7]。优点是能够根据图像不同区域的特性, 灵活选择权重优化图像的亮度和色彩信息。缺点是权重的选择需要一定的经验和技巧。考虑到人眼对 RGB 3 种颜色的敏感度存在差异, 常采用 0.299 倍的红色分量、0.587 倍的绿色分量、0.144 倍的蓝色分量来生成符合人眼生理特性的灰度图像。通过合适的灰度转换方法, 可以增强缺陷的可见性, 从而更好地将缺陷从背景中分离出来, 越复杂的灰度化方法对系统的负担越大。针对实时性要求较高的二维图像质量缺陷检测系统存在一定的局限性, 未来的发展方向应着重提高速度和效率。

1.2 噪声过滤

基于外界环境, 以及传感器自身原因, 在图像的采集和传输过程中常受到噪声的干扰。为了去除图像噪声, 需要使用图像平滑技术^[8-9]。目前, 图像平滑方式有很多, 如中值滤波算法、均值滤波算法、小波变换, 以及基于这些算法的改进算法^[10-12]。

中值滤波对图像中某一像素点周围一定大小窗口内的像素进行排序, 取中值作为该像素点的灰度^[13]。该算法简单、计算速度快, 可以有效去除图像中的椒盐噪声等一些随机噪声。保留图像细节信息的能力取决于过滤器窗口的大小, 窗口越小, 图像细节损失越小, 但去除噪声的效果越差; 窗口越大, 去除噪声的效果越好, 但图像的模糊程度增大, 导致图像细节丢失严重。对于高斯噪声、图像背景噪声等一些非随机噪声的去除效果较差, 当窗口中的噪声超过有用像素

的一半时,中值滤波就会失效。

均值滤波是把滤波窗口中所有像素的灰度值进行平均处理,并用平均值替代中心点的灰度值^[14-15]。该算法简单、计算速度快。因不改变像素总值,所以不会改变图像的亮度。该算法的缺点是,因将像素周围的所有像素值都进行平均,导致图像丢失了一些细节。均值滤波通常更适合于处理噪声幅值在一定范围内均匀分布的图像,因为在这种图像中,噪声的灰度平均值相对较小,噪声像素灰度值与图像中其他像素灰度值的平均值差异不会太大,因此更容易实现噪声的平滑处理,而不引入过多的偏差。对比结果如图 2~3 所示。

混合噪声指图像中同时存在高斯噪声、椒盐噪声等不同类型的噪声^[16-17]。混合噪声可能导致图像出现亮度失真、色彩失真、轮廓模糊等。去除混合噪声的方法包括逐步去噪法、整体去噪法。逐步去噪法,即将混合噪声分成不同类型,针对不同类型的噪声,采用不同的去噪方法。如沈德海等^[18]采用改进的中值滤波算法去除图像中的椒盐噪声,然后再采用均值滤波算法进行平滑处理,以去除高斯噪声。整体去噪法,即不区分混合噪声的类型,直接进行过滤。如张旭涛^[19]对图像进行小波变换,得到了高频分量和低频分量,然后对图像中的高频分量进行过滤,对低频分量进行非局部过滤,最后重构出高频分量和低频分量。

图像去除噪声的方法有很多且各有优缺点,在进行噪声过滤时,需要根据不同的噪声类型和图像特点有针对性地选择适当的滤波方法和参数,以达到噪声抑制与保留图像细节的平衡。不同的滤波方法具有各

自的优势和局限性,有时结合多种滤波方法可以改善噪声的过滤效果。特别是在缺陷检测等需要快速决策的领域,确保系统的实时性是一项重要挑战。在这种情况下,需要选择合适的噪声过滤方法,并尽可能对其进行优化,在满足系统实时性要求的同时尽可能提高噪声抑制效果。未来的研究方向之一是开发更高效的噪声过滤算法,以平衡实时性与噪声抑制效果之间的矛盾。

1.3 图像分割

图像分割是将一幅图像分解为若干交叠的、有意义的、具有相同性质的区域^[20]。在印刷缺陷检测中,常用的图像分割方法有阈值分割和边缘检测。阈值分割是选择合适的灰度,然后将高于该值的灰度归为一类,将低于该值的灰度归为另一类^[21]。常见的阈值分割有固定阈值分割、自适应阈值分割和 Otsu 法。边缘检测指在图像中寻找灰度变化较大的位置,其目标是将图像中的边缘提取出来,其边缘信息可以用于图像分割、物体识别等应用^[22-24]。常用的边缘检测方法包括 Roberts 梯度算子, Sobal 算子、Prewitt 算子、Canny 算子等。

1.3.1 固定阈值分割

固定阈值分割只需对图像进行一次阈值处理,计算速度快,不需要复杂的计算和参数调节,适用于光照分布均匀且图像背景和目标灰度值存在明显差异的图像中,如图 4a 所示。图像在灰度直方图中呈现双峰状态,阈值通常选在两峰之间的峰谷,分割效果如图 4b 所示。对于具有多个不同灰度级别的目标或者背景,采用固定阈值分割方法难以进行有效分割。

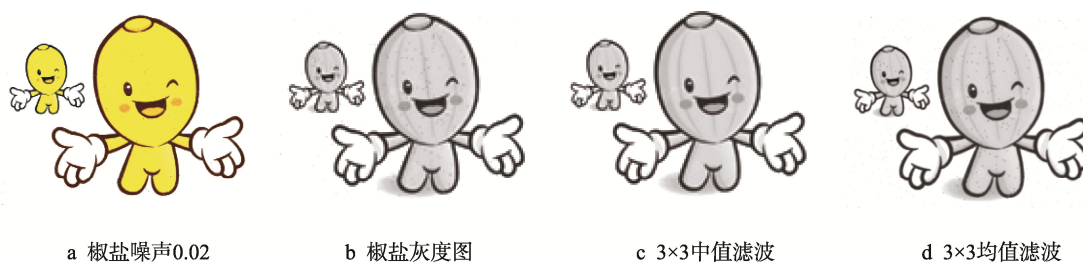


图 2 椒盐噪声滤波对比
Fig.2 Comparison of impulse filtering

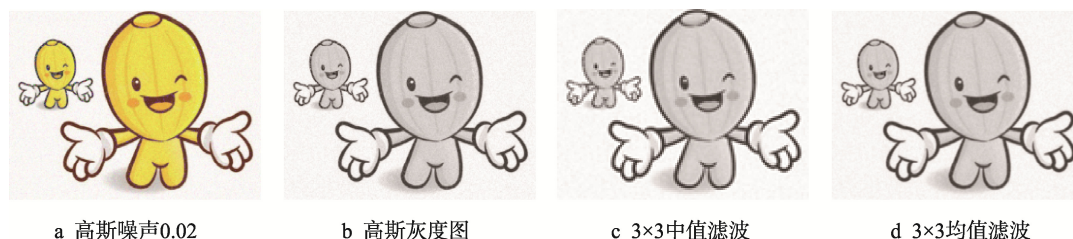


图 3 高斯噪声滤波对比
Fig.3 Comparison of Gaussian noise filtering

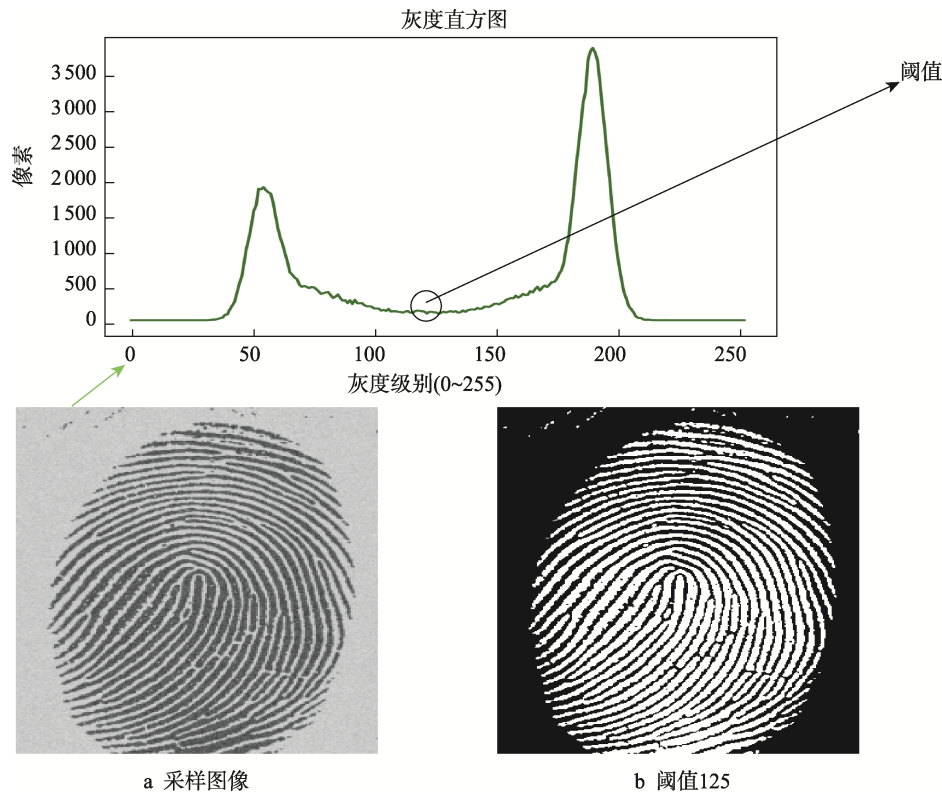


图 4 固定阈值分割坐标

Fig.4 Fixed threshold segmentation

1.3.2 自适应阈值分割

在许多情况下,图像中的物体和背景的对比度在各处均不同。特别是在明暗分布不均匀的图像中,很难用统一的阈值来区分物体和背景^[25],如图 5a 所示。灰度直方图呈现双峰,如果阈值再选用两峰之间的峰谷,则采用固定阈值分割的效果会很差,如图 5b 所示。自适应阈值是一种基于图像局部统计特性的分割方法,将图

像分割成许多小块,计算每个小块阈值,最后通过计算出的阈值对小块进行分割,亮的小块对应的灰度较大,暗的小块对应的灰度较小。自适应阈值分割能够有效分割复杂背景的图像和光照不均匀的图像^[26]。由于自适应阈值需要对每个像素点计算其邻域内的灰度平均值,导致其计算复杂程度较高,因此该方法针对实时性要求较高且图像面积较大的应用场景具有一定的局限性。自适应阈值分割效果如图 5c 所示。

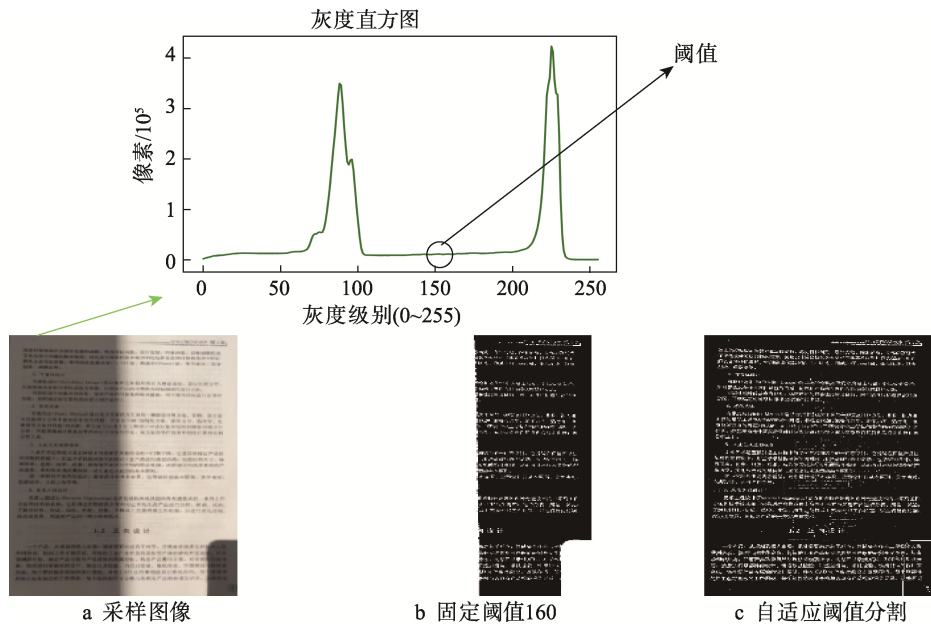


图 5 适应阈值分割和固定阈值分割对比

Fig.5 Comparison between adaptive threshold segmentation and fixed threshold segmentation

1.3.3 Otsu 法

Otsu 法以目标和背景之间的最大方差来确定图像的分割门限,它会遍历当前图像中的所有阈值,再从中选出最佳的阈值^[27]。大津法通过最大化类间方差找到最优的阈值,因此其分割结果较准确。由于不需要进行迭代操作,所以其计算速度较快。采用大津法分割采样图像灰度图(图 6a)的效果如图 6b 所示。当目标与背景的面积比例悬殊,图像的灰度直方图无明显的双峰或双峰相差很大时,该方法的分割效果较差。

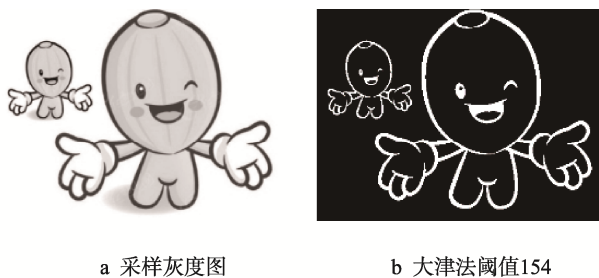


图 6 大津法与固定阈值分割对比
Fig.6 Comparison between Otsu method and fixed threshold segmentation

1.3.4 边缘检测

图像的边缘具有方向和幅度 2 个属性,沿边缘方向像素值变化平缓,垂直于边缘方向的像素值变化剧烈。通常采用微分算子来检测边缘变化,一阶导数取最大值,或二阶导数取过零点判断图像边缘的位置^[28]。一阶导数算子包括 Roberts 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子等,将 2×2 (Roberts 算子) 或 3×3 算子模板作为核与图像中的每个像素点进行卷积和运算,

然后选取合适的阈值提取边缘。Laplacian 算子是一种基于二阶导数的边缘检测算子,对噪声较敏感,可以检测出细节更加丰富的边缘。各个算子检测对比如图 7 所示。分析了 Roberts 算子、Sobel 算子、Prewitt、Laplacian 和 Canny 算子的优缺点,见表 1。

图像分割在机器视觉二维图像质量缺陷检测中非常重要,分割结果的精准性直接影响后续 ROI (Region of Interest) 区域的提取。关于图像分割算法有很多,Abdullah 等^[29]为了增加边缘检测的精度和边缘的完整性,通过在水平和垂直方向上增加 315° 和 360° 来改进现有的 Sobel 算子。Xiao 等^[30]为了得到更好的分割效果,通过不断增加阈值,以图像边缘闭合的区域大小为标准,确定最佳阈值。不同的算子有不同的分割特点,针对不同的图像采用的分割方法也不同。基于二维图像的高度复杂性,若想实现完整的分割任务,还需与其他分割算法结合。在电表铭牌印刷缺陷检测中,吴先锋^[31]先用手动分割法分割出电表铭牌区域,再采用双阈值分割方法并配合区域面积筛选方法对条形码和铭牌编号区域进行分割,最后配合膨胀、腐蚀,并通过面积筛选方法,再进一步提取条形码和编号字符信息。在印刷质量的图像检测技术研究中,胡方尚^[32]采用阈值分割算法检测印刷图像边界信息,运用数学形态学运算提取边界轮廓。图像分割算法的选择和应用需要根据具体的图像特点和场景进行深入分析。不同的图像可能需要不同的分割算法,以获得最佳的分割效果。通过组合多种分割算法和灵活调整参数,也可显著提高分割的准确性和鲁棒性。未来的发展方向应朝着更加智能和自适应的分割方法发展,需要不断创新和改进,以满足不同场景和应用的需求。

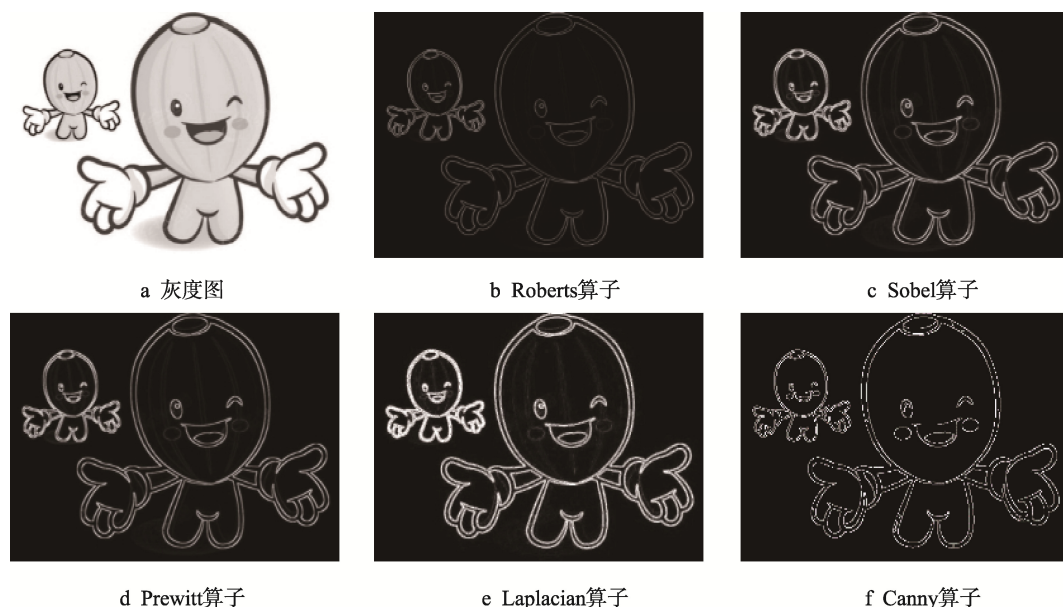


图 7 边缘检测对比
Fig.7 Edge detection comparison

表 1 简单常用算子优缺点分析
Tab.1 Analysis of advantages and disadvantages of simple common operators

算子	优点	缺点
Robert 算子	卷积核较小, 计算速度快, 适合于实时性要求高的场景	因卷积核较小, 只有 4 个权重, 任何像素值的变化都可能被算子检测到, 容易受到噪声的影响; 卷积核只考虑相邻像素点之间的差异, 对于一些边缘细节的检测效果差
Sobel 算子	对邻域内的像素进行加权平均, 具有一定的平滑作用, 在一定程度上抑制了图像中的噪声, 提高了边缘检测的稳定性和可靠性	检测图像中水平和垂直方向的边缘能力强, 但不能较好地检测一些需要检测倾斜和曲线状边缘; 不如 Canny 检测精确, 且容易出现多像素宽度
Prewitt 算子	卷积核中的权重是对称的, 对噪声具有一定的抑制能力; 可根据应用场景灵活调整权重	卷积核对于像素的变化较敏感, 针对亮度变化较大图像的检测结果不理想; 方向性较弱, 对特定方向的边缘检测能力较差
Canny 算子	因包含高斯滤波等抑制噪声的步骤, 其抗噪声干扰能力强, 且容易检测到真正的弱边缘, 同时可检测多个方向的边缘	包含高斯滤波、梯度计算、非极大值抑制和双阈值检测等, 需要进行多次计算, 算法的计算量较大; 算子的效果在很大程度上取决于参数的设置, 2 个阈值选取困难
Laplacian 算子	图像的阶跃型边缘点定位准确; 算子仅对图像进行一次二阶差分运算, 计算速度快	抗噪声能力差, 且容易丢失部分边缘的方向信息。常用于判断边缘像素在图像的亮区还是暗区, 很少单独用于边缘检测; 二阶差分运算, 检测到的边缘较粗, 包括多个像素点

2 机器视觉中的图像配准研究进展

图像配准是对齐 2 个或多个不同来源、不同时间和不同角度图像的过程, 也就是发现 2 张或多个照片之间的匹配点, 采用最小误差法在空间中进行对齐^[33]。目前, 图像配准技术主要分为 2 类^[34]: 基于灰度统计信息分布配准方法、基于图像特征的配准方法。

2.1 基于灰度统计信息分布配准方法

无须对采样图像进行预处理, 利用模板图像与采样图像之间的灰度关系, 根据图像内部的信息, 采用适当的搜索方法寻找相似度最大或最小的点, 确定模板图像与采样图像之间的变换参数^[35]。该方法的优点是对灰度变化较大的图像具有较好的配准效果。由于考虑了图像的灰度信息, 未考虑图像的特征信息, 因此该方法在较大形变、旋转、缩放等情景下的配准效果不稳定。

2.2 基于图像特征的配准方法

基于图像特征的配准是利用 2 幅图像中的特征点进行匹配, 从而找到 2 幅图像之间的变换矩阵进行配准。与基于灰度统计信息分布的配准方法相比, 它不仅可以降低对图片搜索的复杂程度, 对于存在局部变形的图像也具有较好的鲁棒性。常见的配准方法有边缘特征检测法、区域特征检测法、点特征检测法^[36]。其中, 点特征检测法是目前图像配准研究中应用最多的方法^[37-39], 在印刷缺陷检测中常用的点特征匹配方法包括多线性交点和边缘轮廓提取能力较强的尺度

不变特征变换算法 (SIFT), 加速稳健型局部特征点检测的加速稳健特征算法 (SURF), 具有图像灰度变化不变性和旋转不变性特点的 Harris 角点算法, 以及改进算法。点特征检测法对光和噪声的抗干扰能力较强, 包含的图像的特征信息多^[40-41], 且在有较大灰度变化的情况下可以有效找到特征点, 但对于大幅度的形变和噪声较多的图像的效果可能较差。

王星等^[42]在药用玻璃瓶印字缺陷检测中, 首先使用 SIFT 特征点提取算子, 然后使用欧氏距离进行初始匹配, 最后使用 RANSAC 进行精确匹配。孙红红等^[43]在相框表面印花缺陷检测中, 选用一种基于灰度投影和归一化互相关相似度量图像配准算法。邢旭朋^[44]为了增强缺陷区域, 采用非线性扩散模型与图像差分模型的配准方法。

总的来说, 图像配准在印刷缺陷检测中扮演着至关重要的角色, 其最终目的是根据图像特征寻找适当的变换参数, 以确保采样图像与模板图像对齐, 为后续的图像相减做准备, 其配准精度直接影响缺陷提取的准确性。此外, 图像配准还要满足印刷检测行业对实时性的需求, 尤其是在高速印刷机上。未来的发展方向需要在满足配准精度的同时, 更加关注具有实时性和高效性的配准方法, 以适应印刷行业的要求。未来还可探索更多基于深度学习和自适应算法的图像配准方法, 以进一步提高准确性和适用性。

3 机器视觉中的图像缺陷提取和分类研究进展

图像缺陷的提取是利用在图像配准中求出的变

换矩阵 H , 把采样图像中的所有像素映射到模板图像, 比较像素点之间的差异, 确定其是否在规定区间范围内, 以判断被检测印刷品是否存在缺陷, 原理见式 (1)。

$$s(x, y) = |g(x, y) - f(x, y)| \quad (1)$$

式中: $f(x, y)$ 为标准图像; $g(x, y)$ 为采样图像; $s(x, y)$ 为差分图像。

在二维图像质量检测中, 为了减少伪轮廓干扰, 提高检测精度, 通常并不会将 ROI 图像与模板图像直接相减, 通常配合其他方法进行判别^[45]。在电表铭牌印刷缺陷检测中, 谢晖等^[46]针对电表铭牌图像背景灰度变化导致的缺陷检测不精准, 用生成的基准图像替代模板图像和采样图像进行差分计算。郭轩等^[47]在彩色印刷缺陷的检测方法中, 通过分析模板图像掩膜中最小生成树的结构特征, 并将得到的上下界向量的矢量距离作为采样图像的阈值, 将配准后的差分图像转化为真实的缺陷图像。

在图像差分后, 只能检测出印刷品是否有缺陷, 不能识别缺陷的类型。通过归纳分析缺陷的类型, 可以找到出现问题的工艺环节, 进而改进。何昊^[48]通过缺陷的面积、周长、长宽比等不同缺陷的基本参数来描述不同缺陷的类型, 优点是计算速度快、系统实时性高, 但对特征选择和参数调整的要求较高。郭慧等^[49]通过支持向量机对缺陷进行分类, 支持向量机具有较

强的分类能力和泛化能力, 但训练时间长、对参数敏感。二维图像缺陷的分类方法可以根据实际需求进行选择 and 组合, 以达到更好的分类效果。

4 算法实例演示

基于上述研究, 以实际例子对上述研究内容进行提炼。二维图像质量检测算法实例如图 8 所示。

1) 图像预处理部分。如图 9 所示, 假设方框为需要提取的区域, 在方框外为不感兴趣区域。首先把采集的二维图像进行灰度变换, 并过滤噪声, 然后进行阈值分割, 运用闭运算, 补全断裂的线段、孔洞。在新建的蒙版图像中, 找出图像所有的轮廓, 并进行筛选, 得到感兴趣区域轮廓。最后, 通过感兴趣区域轮廓的最大外接矩形, 裁剪得到感兴趣区域。通过对 ROI 区域的提取, 可以减少系统的处理时间和计算量, 为实现高效的缺陷检测奠定了坚实基础。

2) 图像配准部分。通过对感兴趣区域和模板图像进行特征提取, 得到每张图像的关键点和描述子, 筛选出符合要求的关键点, 去除错误匹配点。通过最佳匹配点计算两图之间的变换矩阵, 通过变换矩阵把采样图像中的所有像素映射到模板图像中。图像配准强调正确关键点的匹配, 确保后续缺陷提取的准确性。

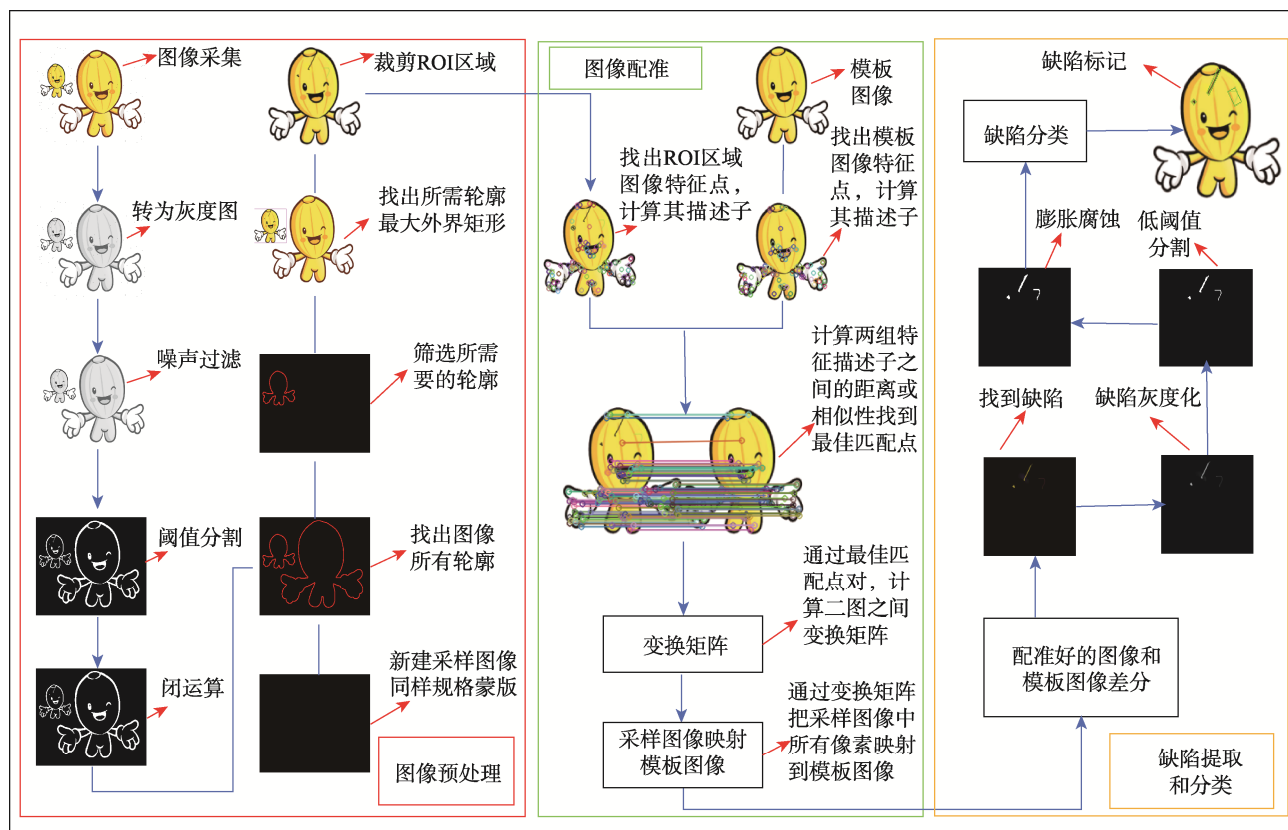


图 8 算法实例演示

Fig.8 Algorithm example demonstration

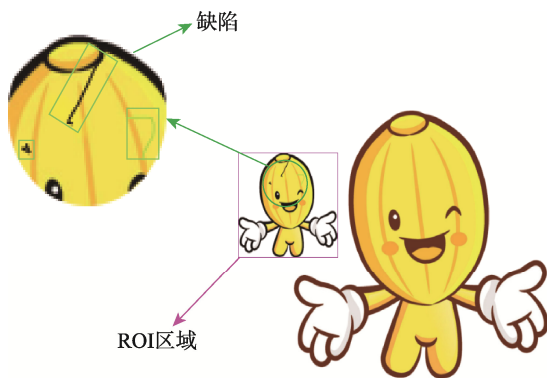


图9 感兴趣区域
Fig.9 Region of interest

3) 图像缺陷提取和分类。对配准好的图像和模板图像进行差分, 找到缺陷, 对找到的缺陷进行灰度化处理, 再进行低阈值分割, 配合腐蚀和膨胀技术去除干扰, 得到缺陷二值图像。根据缺陷特点对缺陷进行分类, 最后在采样图像中标记缺陷。通过对图像缺陷的提取和分类, 能够帮助印刷企业更好定位生产中出现的问题, 并采取改进措施, 为印刷企业提供更高质量的产品。

5 结语

从基于二维图像处理的机器视觉缺陷检测存在的问题出发, 并归纳分析其规律, 目的在于提高缺陷检测算法的准确性、实时性和鲁棒性, 从而为印刷企业提供一种高效、精确和实时的质量控制工具, 改善产品质量, 提高生产效率, 降低成本。采用机器视觉二维图像处理技术, 探索解决复杂背景、伪影干扰、缺陷的多样性和实时性等途径。图像预处理是印刷质量检测的关键, 如采用噪声过滤为后续的缺陷检测提供清晰的图像, 为缺陷的提取减少伪影干扰; 采用灰度变换、阈值分割、感兴趣区域提取等方法, 减少系统的处理时间和计算量, 从而提高缺陷检测的效率。图像配准是研究的核心, 消除机械振动引起的图像位置偏移, 可以确保采集图像与模板图像精确对齐, 使得缺陷检测更加准确, 减少伪影的产生。通过对缺陷的提取可以分离出有缺陷的产品, 对缺陷类型的归纳分析可以找到出现问题的工艺环节, 从而改进生产工艺和生产设备, 进一步实现目标。综上所述, 基于二维图像处理的机器视觉缺陷检测为印刷行业提供了有效的质量控制工具。通过图像处理技术的应用, 可以降低不合格产品的数量, 提高生产效率, 减少成本, 从而帮助印刷企业提供更高质量的产品, 提升其竞争力。

参考文献:

[1] 金怡君, 李振宇, 杨絮. 基于机器视觉的啤酒金属盖

表面缺陷检测方法[J]. 包装工程, 2023, 44(11): 259-267.

JIN Yi-jun, LI Zhen-yu, YANG Xu. Surface Defect Detection of Beer Metal Covers Based on Machine Vision[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(11): 259-267.

[2] LI Dong-ming, LI Jin-xing, FAN Yuan-yi, et al. Printed Label Defect Detection Using Twice Gradient Matching Based on Improved Cosine Similarity Measure[J]. Expert Systems with Applications, 2022, 204: 117372.

[3] LIU Zhi-chao, QU Bai-da. Machine Vision Based On-line Detection of PCB Defect[J]. Microprocessors and Microsystems, 2021, 82: 103807.

[4] LI Meng-xiao, LIU Quan-xiang, HE Cong-you. Research and Achievement on Cigarette Label Printing Defect Detection Algorithm[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 200: 689-693.

[5] 李忠虎, 薛婉婷, 吕鑫, 等. 基于图像融合的风电塔筒边缘检测及提取方法[J]. 国外电子测量技术, 2022, 41(3): 90-95.

LI Zhong-hu, XUE Wan-ting, LYU Xin, et al. Edge Detection and Extraction Method of Wind Turbine Tower Based on Image Fusion[J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2022, 41(3): 90-95.

[6] KANSAL S, TRIPATHI R K. Adaptive Geometric Filtering Based on Average Brightness of the Image and Discrete Cosine Transform Coefficient Adjustment for Gray and Color Image Enhancement[J]. Arabian Journal for Science and Engineering, 2020, 45(3): 1655-1668.

[7] 肖汉, 郭宝云, 李彩林, 等. 基于OpenCL的图像灰度化并行算法研究[J]. 江西师范大学学报(自然科学版), 2020, 44(5): 462-471.

XIAO Han, GUO Bao-yun, LI Cai-lin, et al. The Study on Image Gray-Scale Parallel Algorithm Based on OpenCL[J]. Journal of Jiangxi Normal University (Natural Science Edition), 2020, 44(5): 462-471.

[8] JI Xiao-nan, YUAN Pei-jiang, SHI Zhen-yun, et al. An Effective Self-Adaptive Mean Filter for Mixed Noise[C]// 2016 International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM), 2016: 484-489.

[9] 杨华. 基于 Sobel 算法的塑料袋边缘位置标定[J]. 包装工程, 2021, 42(23): 178-182.

YANG Hua. Position Location of Plastic Bag Edge Based on Sobel Algorithm[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(23): 178-182.

[10] ZHAO Ya, GUO Jia-hui, LI Pan-chi. A Median Filtering Scheme for Quantum Images[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2021, 43(1): 204-211.

[11] SHAO Chong-lei, KAUR P, KUMAR R. An Improved Adaptive Weighted Mean Filtering Approach for Metal-

- lographic Image Processing[J]. Journal of Intelligent Systems, 2021, 30: 470-478.
- [12] BABU B S, SWARNALATHA S, GOVINDARAJ V. Denoising Technique Using Double Density Dual Tree Dwt for Medical Images[J]. Journal of Pharmaceutical Negative Results, 2022, 13: 1719-1724.
- [13] 白雪. 基于改进中值滤波的反锐化掩膜算法[J]. 工业控制计算机, 2021, 34(2): 102-104.
BAI Xue. Unsharp Masking Algorithm Based on Improved Median Filter[J]. Industrial Control Computer, 2021, 34(2): 102-104.
- [14] KONG Ling-shuai, WEN Hong-yan, GUO Lei, et al. Improvement of Linear Filter in Image Denoising[C]// Proc SPIE 9808, International Conference on Intelligent Earth Observing and Applications, 2015: 1001-1007.
- [15] 张广云. 基于机器视觉的药物自动识别技术[J]. 包装工程, 2019, 40(15): 206-213.
ZHANG Guang-yun. Automatic Drug Recognition Technology Based on Machine Vision[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(15): 206-213.
- [16] SHAO Yu-hao, JIANG Jie-lin, HONG Xiang-ming. An Improved Nonlocal Means-Based Correction Strategy for Mixed Noise Removal[J]. IET Image Processing, 2022, 16(14): 3701-3714.
- [17] WANG Man-li, MA Feng-ying, ZHANG Chang-sen. Mixed Noise Suppression Algorithm Based on Developable Local Surface of Image[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2021, 43(11): 3291-3300.
- [18] 沈德海, 鄂旭, 侯建, 等. 一种抑制混合噪声的组合滤波算法[J]. 信息技术, 2016, 40(6): 1-3.
SHEN De-hai, E Xu, HOU Jian, et al. A Combination Filtering Algorithm for Suppression Mixed Noise[J]. Information Technology, 2016, 40(6): 1-3.
- [19] 张旭涛. 基于高斯-椒盐噪声的滤波算法[J]. 计算机科学, 2019, 46(S1): 263-265.
ZHANG Xu-tao. Filtering Algorithm Based on Gaussian-Salt and Pepper Noise[J]. Computer Science, 2019, 46(S1): 263-265.
- [20] HUANG Chun-yan, LI Xiao-rui, WEN Yun-liang. AN OTSU Image Segmentation Based on Fruitfly Optimization Algorithm[J]. Alexandria Engineering Journal, 2021, 60(1): 183-188.
- [21] 张焯, 孙刘杰. 手背静脉图像二值化阈值算法[J]. 包装工程, 2011, 32(9): 90-93.
ZHANG Ye, SUN Liu-jie. Application of Binarization Algorithm for Hand Vein Image[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(9): 90-93.
- [22] ZHENG En-zhuang, ZHONG Bao-jiang. Anisotropic Multi-Scale Edge Detection Algorithm[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2022, 59(4): 0412002.
- [23] LIU Jian-si, YIN Li-ju, PAN Jinf-eng, et al. Edge Detection Algorithm for Unevenly Illuminated Images Based on Parameterized Logarithmic Image Processing Model[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2021, 58(22): 2210005.
- [24] LIU Shi-kai, ZHOU Zhi-yuan, SHI Bao-sen. Progress on Optical Image Edge Detection[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2021, 58(10): 1011014.
- [25] 宋佳声, 王永坚, 戴乐阳. 基于不同自适应阈值法的铁谱图像分割效果比较[J]. 润滑与密封, 2021, 46(4): 111-115.
SONG Jia-sheng, WANG Yong-jian, DAI Le-yang. Comparison of Ferrographic Images Segmentation by Different Adaptive Thresholding Methods[J]. Lubrication Engineering, 2021, 46(4): 111-115.
- [26] 王娟, 王萍, 刘敏. 复杂光照下 DPM 图像自适应多阈值分割方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2018, 54(9): 194-200.
WANG Juan, WANG Ping, LIU Min. Adaptive Multi-Thresholds Segmentation of DPM Barcode Image in Complex Illumination[J]. Computer Engineering and Applications, 2018, 54(9): 194-200.
- [27] SINGH S, MITTAL N, SINGH H, et al. Improving the Segmentation of Digital Images by Using a Modified Otsu's Between-Class Variance[J]. Multimedia Tools and Applications, 2023, 82(26): 40701-40743.
- [28] GUPTA S, BHARDWAJ A, SHARMA R, et al. Image Edge Detection Using Fractional Order Differential Calculus[C]// Proceedings of the 2018 2nd International Conference on Video and Image Processing. New York: ACM, 2018: 44-48.
- [29] ABDULLAH S S, RAJASEKARAN M P. Modified Sobel Mask to Locate Knee Joint Boundaries[J]. 3C Tecnologia_Glosas De Innovación Aplicadas a La Pyme, 2020(SI): 195-204.
- [30] XIAO Zhi-kang, ZOU Yang, WANG Zhen. An Improved Dynamic Double Threshold Canny Edge Detection Algorithm[C]// Proc SPIE 11430, MIPPR 2019: Pattern Recognition and Computer Vision, 2020, 11430: 234-241.
- [31] 吴先锋. 基于机器视觉的智能电表铭牌印刷缺陷检测[D]. 长沙: 湖南大学, 2020: 71.
WU Xian-feng. Defect Detection of Nameplate Printing of Smart Meter Based on Machine Vision[D]. Changsha: Hunan University, 2020: 71.
- [32] 胡方尚. 印刷质量的图像检测技术研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2017: 78.
HU Fang-shang. Research on Image Detection Tech-

- nology of Printing Quality[D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2017: 78.
- [33] XIAO Xiang-hui, XU Zheng-rui, HOU Dong, et al. Rigid Registration Algorithm Based on the Minimization of the Total Variation of the Difference Map[J]. Journal of Synchrotron Radiation, 2022, 29(4): 1085-1094.
- [34] YANG Han, LI Xiao-run, ZHAO Liao-ying, et al. A Novel Coarse-to-Fine Scheme for Remote Sensing Image Registration Based on SIFT and Phase Correlation[J]. Remote Sensing, 2019, 11(15): 1833.
- [35] 陈木生. 基于区域特征的图像配准方法研究[J]. 红外技术, 2010, 32(3): 145-147.
- CHEN Mu-sheng. Study on Image Registration Method Based on Region Feature[J]. Infrared Technology, 2010, 32(3): 145-147.
- [36] 俞亚青, 田学隆, 闫春红. 医学图像配准方法分类及现状[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2003, 26(8): 114-118.
- YU Ya-qing, TIAN Xue-long, YAN Chun-hong. Classification and State of Medical Image Registration Methods[J]. Journal of Chongqing University (Natural Science Edition), 2003, 26(8): 114-118.
- [37] LIU Lu-peng, XIAO Jun, WANG Yun-biao, et al. A Novel Rock-Mass Point Cloud Registration Method Based on Feature Line Extraction and Feature Point Matching[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2022, 60: 1-17.
- [38] YANG Han, LI Xiao-run, ZHAO Liao-ying, et al. An Accurate and Robust Registration Framework Based on Outlier Removal and Feature Point Adjustment for Remote Sensing Images[J]. International Journal of Remote Sensing, 2021, 42(23): 8979-9002.
- [39] 杨宜林, 李积英, 王燕, 等. 基于 NDT 和特征点检测的点云配准算法研究[J]. 激光与光电子学进展, 2022, 59(8): 7.
- YANG Yi-lin, LI Ji-ying, WANG Yan, et al. Point Cloud Registration Algorithm Based on NDT and Feature Point Detection[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2022, 59(8): 7.
- [40] QIU Hao, PENG Shuai-shuai. Adaptive Threshold Based SIFT Image Registration Algorithm[C]// Proc SPIE 12328, Second International Conference on Optics and Image Processing (ICOIP 2022), 2022, 12328: 271-276.
- [41] GUO Jia-wei, MA Jie-ming, GARCIA-FERNANDEZ A F, et al. An Improved Harris Corner Points Detection for Low-Light Scenes Based on Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization[C]// 2022 6th International Conference on Imaging, Signal Processing and Communications (ICISPC), 2023: 11-15.
- [42] 王星, 刘朝英, 宋雪玲, 等. 基于图像配准的药用玻璃瓶印刷字缺陷检测[J]. 包装工程, 2017, 38(21): 180-185.
- WANG Xing, LIU Chao-ying, SONG Xue-ling, et al. Printed Word Defect Detection of Medicinal Glass Bottle Based on the Image Registration[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(21): 180-185.
- [43] 孔红红, 孙坚, 钟绍俊, 等. 相框表面印花缺陷检测的图像配准方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(29): 205-207.
- KONG Hong-hong, SUN Jian, ZHONG Shao-jun, et al. Research on Image Registration for Inspection of Embossing Flaw of Photo Frame[J]. Computer Engineering and Applications, 2011, 47(29): 205-207.
- [44] 邢旭朋. 基于非线性扩散与图像配准的印刷品表面缺陷检测[J]. 轻工机械, 2021, 39(2): 77-81.
- XING Xu-peng. Surface Defect Detection of Printed Matter Based on Nonlinear Diffusion and Image Registration[J]. Light Industry Machinery, 2021, 39(2): 77-81.
- [45] XU Zi-han, CHEN Jin-ling, CHENG Mao-kai, et al. Multi-Exposure Image Fusion for Dynamic Scenes with Ghosting Removal[J]. Journal of Electronic Imaging, 2022, 31(2): 023036.
- [46] 谢晖, 吴先锋, 付山, 等. 基于 Halcon 的电表铭牌缺陷检测系统[J]. 现代制造工程, 2021(2): 119-126.
- XIE Hui, WU Xian-feng, FU Shan, et al. Meter Nameplate Defect Detection System Based on Halcon[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2021(2): 119-126.
- [47] 郭轩, 郭宝平, 胡涛, 等. 彩色印刷品缺陷的形态学检测方法[J]. 仪表技术与传感器, 2010(6): 85-87.
- GUO Xuan, GUO Bao-ping, HU Tao, et al. Morphological Scheme for Detection of Color Printing Defect[J]. Instrument Technique and Sensor, 2010(6): 85-87.
- [48] 何昊. 基于机器视觉的食品包装印刷缺陷检测关键技术研究及应用[D]. 贵阳: 贵州大学, 2022: 102.
- HE Hao. Research and Application of Key Technology of Food Packaging Printing Defect Detection Based on Machine Vision[D]. Guiyang: Guizhou University, 2022: 102.
- [49] 郭慧, 徐威, 刘亚菲. 基于支持向量机的钢板表面缺陷检测[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2018, 44(4): 635-639.
- GUO Hui, XU Wei, LIU Ya-fei. Steel Plate Surface Defect Recognition Based on Support Vector Machine[J]. Journal of Donghua University (Natural Science), 2018, 44(4): 635-639.