

印品检测过程中基于 SIFT 算法缩小匹配范围的方法

赵立辉¹, 杨红喆², 郭 栋¹, 霍春宝¹

(1. 辽宁工业大学, 锦州 121001; 2. 北京理工大学, 北京 100083)

摘要: 针对多个 CCD 采集多幅图像会产生一定的重叠区域, 为了实现印品在线检测的要求, 提出了一种结合 SIFT 和缩小匹配范围的图像检测方法。该方法基于 SIFT 提取特征点, 改进了局部搜索范围, 利用 RANSAC 算法计算图像坐标变换矩阵, 采用多分辨率融合方法对拼接图像进行融合处理。结果表明, 采用该方法可以减少匹配和图像检验时间, 降低估算概率, 完成检测图像拼接。

关键词: SIFT; CCD; 图像拼接; 印品检测

中图分类号: TB807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)17-0104-04

Method to Reduce Matching Range in Print Detection Based on SIFT Algorithm

ZHAO Li-hui¹, YANG Hong-zhe², GUO Dong¹, HUO Chun-bao¹

(1. Liaoning University of Technology, Jinzhou 121001, China; 2. Beijing Institute of Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: A print detection method based on SIFT to reduce matching range was proposed to solve image overlap region when acquiring images with the multiple CCD for online printing detection requirement. The method improve local searching range using image extraction feature of SIFT. RANSAC algorithm was used to calculate the image coordinate transform matrix and the multi resolution fusion method was used to fuse stitching images. The results showed that the method can effectively reduce the matching and test time of image, reduce the error probability, and complete image stitching.

Key words: SIFT; CCD; image stitching; print detection

人们对印刷品图像质量的要求不断提高, 带动了印品检测技术的发展, 应用新的算法解决检测问题成为研究的热点。随着计算机软硬件技术的发展, 为计算机视觉检测处理注入新的技术储备, 其在印品质量检测中的作用越显突出^[1-3]。受到印刷设备的精度和工艺的局限, 印刷品会出现偏色、套印、模糊等印刷缺陷, 因而要及时检测出错误。对于大幅印刷图像, 经 CCD 相机获取图像后, 形成的多幅图像会有重叠现象出现。对重叠区域进行研究, 把几幅图像拼接形成一幅待检测图像, 并与标准图像进行对比。为了识别出印品的印刷缺陷, 需要对拼接和配准技术进行研究。

基于灰度图像的配准方法和基于特征的图像配准方法是常用的图像处理方法。印品检测需要快速

处理, 同时由于采集图像的视角、亮度、对比度等特征比较一致, 因而基于特征的处理方法具有快速、高效等优点, 适用于印品图像的检测^[4-5]。笔者针对印品多幅图像系统开展研究, 提出了一种采用 SIFT 算法, 可缩小图像匹配区域的基本特征方法, 该算法执行效率较高, 鲁棒性好, 可实现对待检测印品图像的拼接。

1 检测系统组成及拼接流程

1.1 印品检测系统组成

通过 CCD 相机对印品信息进行图像拍照, 获取一组连续图像, 图像具有重叠区域。通过图像采集卡获取捕获的图像, 由计算机对图像进行存储、处理, 并

收稿日期: 2013-07-06

基金项目: 辽宁省科技攻关项目(2011201035); 辽宁省教育厅项目(L2012230)

作者简介: 赵立辉(1979-), 男, 辽宁锦州人, 辽宁工业大学硕士, 主要研究方向为信息处理、信号检测。

与标准图像匹配特征,完成印品的检测。一个检测系统包括 CCD 相机、光源、图像采集卡及计算机。

1.2 图像拼接流程

采集到的多幅图像寻找重叠区域,计算出图像间变换矩阵,实现图像融合,完成印品检测。图像拼接流程见图 1。

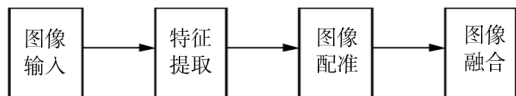


图 1 印品图像拼接流程

Fig. 1 Image mosaic process of print

特征提取完成提取独特信息点,特征与图像灰度、色度等无关,其具有标识图像的关键信息,特征提取的结果将会影响检测的结果。基于特征检测的算子有 SUSAN, SIFT, SURF 等,文中采用 SIFT 提取图像的特征点^[6]。算法具有优化的特征点检测和矢量生成、特征匹配搜索等过程,具有较高的时间运算速度。图像配准是将多幅图像且有重叠区域实现空间对齐,找到重叠区域。图像融合是将图像的边缘过渡平滑,消除亮度和灰度差异,实现无缝拼接。目前常用的融合方法包括平均值法、渐入渐出法和多分辨率样条法等。前 2 种对于色彩融合要求比较高、亮度差异大的图像会产生较明显的处理效果,故文中采用多分辨率样条法。

2 系统实现

2.1 基于 SIFT 的特征提取

SIFT 特征是图像的局部特征,其对旋转、尺度缩放、亮度变化保持不变性,对视角变化、仿射变换、噪声也保持一定程度的稳定性,同时具有独特性和高速性^[7]。SIFT 特征的构造过程分为 4 步:尺度空间极值点检测、精确定位极值点、指定每个关键点的主方向和构造关键点描述符。

尺度空间极值点检测即初步确定关键点位置和所在尺度。式(1)表示一幅图像的尺度空间定义为原始图像与二维高斯核进行卷积。

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) \otimes I(x, y) \quad (1)$$

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (2)$$

式(2)为尺度可变高斯函数即 LOG 算子。为了使检

测到的关键点更加稳定,改用式(3)表示尺度空间金字塔来提取特征点高斯差分,即 DOG。DOG 是对 LOG 的近似表示。

$$D(x, y, \sigma) = [G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)] \otimes I(x, y) \quad (3)$$

经过每层滤波处理后的图像堆叠起来像金字塔即 DOG 金字塔。将金字塔按照实际的需要分组,每一组又分层,每一层都是经高斯模糊后的图像^[8-9],过程如下:如果要对原始图像扩大 1 倍后再进行处理,建议将扩大后的图像设为第 1 组,见图 2,按图 2

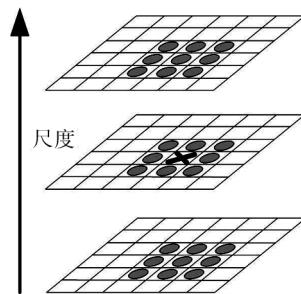


图 2 高斯差分金字塔的生成

Fig. 2 Difference of Gaussian pyramid generation

中给定的模糊参数进行高斯模糊处理,就会得到每一层图像,可以构造高斯金字塔。将高斯金字塔的上下 2 层相邻图像进行相减得到高斯差分金字塔。

为了进一步得到特征点的精确位置,需要精确定位关键点。剔除易受噪声干扰或位于图像边缘的候选特征点,采用拟合三维二次函数的方法,精确确定关键点的位置和尺度,同时去除低对比度的关键点和不稳定的边缘响应点,实现更佳的匹配稳定性、抗噪声能力。为了实现图像旋转的不变性,指定每个关键点的主方向,可通过特征点的局部结构来求得一个主方向,用图像梯度的方法求取该局部结构的稳定方向。

构造关键点描述符是对特征点的邻域内生成的梯度直方图进行统计,从而生成一定维数的特征矢量。以特征点为中心,将特征点附近邻域旋转到主方向,然后将它平均分成 4×4 个子区域,每个子区域的大小为 3σ 个像素。在每个子区域内计算梯度直方图的 8 个方向,对每个梯度方向进行累加计算,形成一个种子点。与求取特征点主方向有所不同,此时,每个子区域的梯度方向直方图划分为 8 个方向范围,每个范围为 45° ,共有 8 个方向的梯度强度信息。

经过上述处理以后, SIFT 算法就具有了对图像的旋转、尺度缩放、光照变化的不变性,同时还对仿射变

换和噪声影响保持一定程度的鲁棒性。

2.2 缩小区域的图像配准

图像配准的结果直接影响图像的生成,为了解决印刷图像检测的高速要求,提出改进方法,缩小相关性范围,再采用 RANSAC 提纯,剔除无匹配点,然后采用迭代得到变换矩阵。

缩小相关性搜索范围:将图像重叠区域限定在一定范围,见图 3,即待配准图像与基准图像有小部分

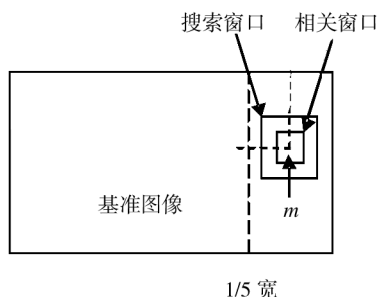


图 3 缩小匹配范围

Fig.3 Reduce matching range

重叠,针对印刷图像小于 $1/5$,提取待检测图像的特征点即左半部分 $1/5$ 处,同时缩小基准图像的范围至右部份 $1/5$ 。搜索待检测图像的特征点时,以基准图像的右 $1/5$ 区域为对应点匹配中心,在小临域内进行相关性匹配搜索。通过减小搜索范围,可降低图像处理的复杂度,适于印品检测。因为 CCD 相机采集图像重叠区域较小且可知,设计中给定图像重叠区域,因此可以采用减小区域搜索。

经过 SIFT 处理得到的特征点需要提纯,剔除误匹配点,其实质是区分内点和外点。选取图像提纯后见图 4。



图 4 提取特征点对

Fig.4 Extraction of feature points

2.3 图像融合

采用拉普拉斯金字塔实现图像融合,将要进行融

合的图像分解成不同频率上的一组带通图像,形成金字塔结构,然后根据约束规则,对金字塔上的每一层图像进行融合处理,从而实现图像融合。过程为:建立 2 幅图像的拉普拉斯金字塔;求高斯金字塔(掩模金字塔,为了拼接左右 2 幅图像);进行拼接;重建图像;从最高层结果图将左右图像拼成的金字塔中每一层,从上到下插值放大并和下一层相加。融合后的图像处理数据减少,缩短了处理时间,见图 5。



图 5 标准图像融合

Fig.5 Standard image fusion

3 实验结果及分析

算法在实验室计算机上进行仿真,配置为 Intel 酷睿 2 处理器,主频为 2.8 GHz,内存为 4 G,Win7 32 位系统,Visual 2005 环境。将 CCD 相机采集的 2 幅图像进行拼接处理,图像的像素为 1585×1156 ,得到的拼接见图 6。



图 6 2 幅图像拼接

Fig.6 Two image stitching

实验中得知,改进缩小范围的方法减小了特征点检测的区域,减少了拼接所用时间;减小特征点对数量,提高匹配率;减少图像融合数据量,提高图像质量。

采用文中提出的方法,经过减小搜索范围,对图像提取特征点,配准点下降较为明显,误匹配率减小 50% 以上,时间计算复杂度得到显著减少,配准时间在 100 ms 左右。经过匹配图像与原图进行比较,均方根误差减少到 0.1% 以下,表明对印刷图像检测具有实用效果,能够用于印品检测。分别对 2 组图像完成拼接及数据分析,实验得到配准结果见表 1。

表 1 2 组图像配准参数
Tab.1 Two sets of image registration parameters

指标	图像 1 (1585×1156)	图像 2 (1280×940)
全局搜索点对	126	68
缩小范围点对	79	32
减少误匹配率/%	75.8	68.9
平方根误差	0.003	0.002
配准时间/ms	115	76
时间减少率/%	78.9	82.3

4 结语

针对印品图像检测,提出了一种基于 SIFT 检测特征点通过改进缩小搜索范围实现多幅图像拼接的检测方法。该方法可以完成图像拼接,减小数据处理量和时间,提高检测效率。该方法在一定实验条件下完成,经进一步改进移植,提高了执行效率,实现了在线联机测试。

参考文献:

[1] 徐明亮,李成渊,梅娟. 基于 SURF 特征的印铁图像色差在线检测研究[J]. 包装工程,2012,33(15):103-108.
XU Ming-liang,LI Cheng-yuan,MEI Juan. Research of On-line Detection of Chromatic Aberration of Image Printed on Tin[J]. Packaging Engineering,2012,33(15):103-108.

[2] 章国艺,应自炉. 印刷品缺陷在线检测系统中的关键技术研究[J]. 工业控制计算机,2008(7):24-26.
ZHANG Guo-yi,YING Zi-lu. Research on Key Technologies of Online Printed Matter Defect Detection System[J]. Industrial Control Computer,2008(7):24-26.

[3] 易端阳,唐万有,郝健强,等. 图像拼接在印品检测中的

应用研究[J]. 包装工程,2011,32(5):111-114.
YI Duan-yang,TANG Wan-you,HAO Jian-qiang,et al. Application Research of Image Mosaic in Print Detection[J]. Packaging Engineering,2011,32(5):111-114.

[4] 邹晓春,何明一,赵歆波. 基于二维投影变换的视频全景图拼接算法[J]. 数据采集与处理,2012,27(5):528-531.
ZOU Xiao-chun,HE Ming-yi,ZHAO Xin-bo. Video Panorama Mosaic Algorithm Based on 2D Projection Transform[J]. Journal of Data Acquisition & Processing,2012,27(5):528-531.

[5] 程红,郑悦,孙文邦,等. 基于曲线拟合的拼接缝消除方法[J]. 光电工程,2013,40(5):72-78.
CHENG Hong,ZHENG Yue,SUN Wen-bang,et al. A Seam-line Removal Method Based on Curve Fitting[J]. Opto-Electronic Engineering,2013,40(5):72-78.

[6] 章毓晋. 图像工程[M]. 北京:清华大学出版,2009.
ZHANG Yu-jin. IMAGE Engineering[M]. Beijing:Tsinghua University Press,2009.

[7] 蔡叶菁,龙永红,罗海霞. 改进型 RGB 色差计算及其在印品检测中的应用[J]. 包装工程,2010,31(1):68-71.
CAI Ye-jing, LONG Yong-hong, LUO Hai-xia. Improved RGB Color Difference Calculation Method and Its Application in Print Inspection[J]. Packaging Engineering,2010,31(1):68-71.

[8] 练笔战,杨扬. 电力图像监控系统集成平台的研究与设计[J]. 电力系统保护与控制,2011,39(6):124-130.
LIAN Bi-zhan,YANG Yang. Research and Design of Electric Power Video Surveillance Integration Platform[J]. Power System Protection and Control,2011,39(6):124-130.

[9] 苏光大. 图像并行处理技术[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
SU Guang-da. Image Parallel Processing Technology[M]. Beijing:Tsinghua University Press,2002.

(上接第 51 页)

[5] 徐革玲,郭仁宏. 瓦楞纸箱边压强度测定不确定度的评定[J]. 包装工程,2004,25(4):157-158.
XU Ge-ling, GUO Ren-hong. Evaluation of Uncertainty of Edgewise-crushed Resistance of Corrugated Fiberboard Boxes[J]. Packaging Engineering,2004,25(4):157-158.

[6] GB/T 10739—2002,纸、纸板和纸浆试样处理和试验的标准大气条件[S].
GB/T 10739—2002, Paper, Board and Pulps Standard Atmosphere for Conditioning and Testing[S].

[7] GB/T 6546—1998,瓦楞纸板边压强度的测定法[S].
GB/T 6546—1998, Corrugated Fibreboard Determination of Edgewise Crush Resistance[S].

[8] JJF 1059.1—2012,测量不确定度评定与表示[S]. 北京:中国质检出版社,2012.
JJF 1059.1—2012, Evaluation and Expression of Uncertainty in Measurement[S]. Beijing: China Zhijian Publishing House,2012.