

书籍装订中基于相位相关性的自适应梯标检测方法

盛国¹, 舒新文²

(1. 浙江邮电职业技术学院 通信工程学院, 绍兴 312000;

2. 安徽师范大学 物理与电子信息学院, 芜湖 241000)

摘要: **目的** 针对传统人工检查书籍配帖是否合格的方法带来的劳动强度过大, 且容易出错等问题, 提出一种基于相位相关性的自适应梯标检测方法。**方法** 通过相位相关配准技术, 利用 CCD 摄像机采集到梯标视频帧, 计算其与模板梯标的相位相关性, 并进行 2 帧图像的配准, 然后对 2 帧图像的帧差进行分析, 从而判断配帖是否出错。**结果** 实验结果显示, 文中提出的方法可以减少合格配帖的误检率, 还可以对不合格的配帖进行检测。**结论** 文中所提出的方法可以提高配帖梯标检测的鲁棒性。

关键词: 梯标; 检测; 配帖; 相位相关性

中图分类号: TB488 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)19-0014-04

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.19.003

An Adaptive Signature Mark Detection Method Based on Phase Correlation for Bookbinding

SHENG Guo¹, SHU Xin-wen²

(1. Department of Telecommunication Engineering, Zhejiang Post and Telecommunication College, Shaoxing 312000, China; 2. College of Physics and Electronic Information, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China)

ABSTRACT: The work aims to propose an adaptive signature mark detection method based on phase correlation regarding the problems of excessively high labor intensity caused by the traditional artificial examination for the normal book association and the error-prone situations. By means of the phase correlation registration technology, the phase correlation between the signature mark video frame captured by the CCD camera and the signature mark template was computed. Moreover, the 2-frame image registration was conducted, and then the frame difference of 2-frame image was analyzed, thus telling whether the association goes wrong. The experimental results showed that the proposed method could reduce the false detection rate for the normal association and it could also detect the abnormal association. The proposed method can improve the robustness of association signature mark.

KEY WORDS: signature mark; detection; association; phase correlation

随着科技的快速发展, 书籍包装的技术在不断改进, 很多先进的技术被应用于书籍装订, 以提高印刷企业的自动化和包装智能化水平, 降低人工成本, 提高生产效率。针对目前国际流行的智能包装, 按照其技术的特点, 分别将其分为功能材料型智能包装、功能结构型智能包装、信息型智能包装。书籍装订中的配帖过程是一种功能结构型的包装, 通过提升配帖的智能化水平, 可有助于书籍包装的智能化。配帖是书

籍装订过程的重要环节, 直接影响印刷品的质量和合格率。文中针对书籍装订过程中的配帖检测问题, 提出一种基于相位相关性的自适应梯标检测方法, 将机器视觉方法和相位相关性原理相结合, 提高配帖合格率检测水平^[1], 以提高书籍装订中配帖的自动化水平, 有效降低人工配帖的工作量。

配帖的工艺流程需要将折页完成的书帖按页码顺序装订成册。在装订过程中, 为了检查配帖是否正

收稿日期: 2018-05-30

基金项目: 国家自然科学基金 (11573001)

作者简介: 盛国 (1979—), 男, 浙江邮电职业技术学院副教授, 主要研究方向为信号与信息处理。

确,需要在书脊上手工贴上小方块,这些小方块按梯形状排列,因此,称为梯标。装订合格的梯标是按顺序呈梯形排列的,而错误的配帖就会出现少贴、多贴、错帖等情况。

目前的梯标检测方法主要分为两大类:利用红外光电反射原理进行梯标检测,但该方法对于周围光线很敏感,检测的正确率容易受到影响^[2-3];利用机器视觉方法^[4-6],将摄像机采集到的图像,利用数字图像处理技术^[7],提取梯标的特征并进行分析,该方法的优势是操作便捷,对于硬件设备要求低,可以通过有效的算法来检测梯标。

1 系统总体设计

文中设计的梯标检测系统需要一台工业 CCD 摄像机和一副纯色背景墙,见图 1。工业 CCD 摄像机用于采集装订生产线上的书籍梯标,图像采集帧率为 30 s/帧,分辨率为 720×576。背景墙为白色,用以提高检测干扰。配帖中使用的梯标大小为现有生产工艺中的大小,为 4 mm×10 mm,见图 2。

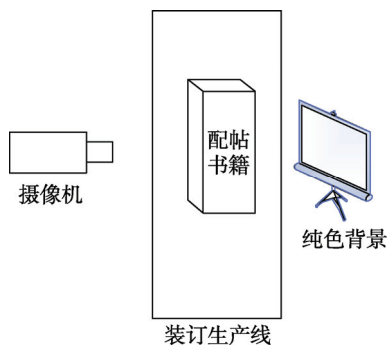


图 1 系统总体设计
Fig.1 Overall system design



图 2 配帖梯标标准模板
Fig.2 Standard template of association signature mark

2 相位相关理论原理

相位相关法可以用于检测 2 幅内容相同的图像之间的相对位移量^[8-10],它是基于傅里叶变换的位移定理:一个平移过的函数的傅里叶变换仅仅是未平移函数的傅里叶变换与一个具有线性相位的指数因子的乘积,即空间域中的平移会在频域中产生 2 个函数的相位。公式定义如下:设二维函数 $f(x, y)$ 的傅里叶变换为 $F(u, v)$, 即

$$F(u, v) = DFT[f(x, y)] \quad (1)$$

如果 $f(x, y)$ 平移 (a, b) , 则平移后的傅里叶变

换为:

$$DFT[f(x-a, y-b)] = e^{-j2\pi(ua+vb)} F(u, v) \quad (2)$$

当 2 幅图像函数 $f_1(x, y)$ 和 $f_2(x, y)$ 仅仅有位移的差异, 即

$$f_2(x, y) = f_1(x-a, y-b) \quad (3)$$

则它们的傅里叶变换 $F_1(u, v)$ 和 $F_2(u, v)$ 有如下关系:

$$F_2(u, v) = e^{-j2\pi(ua+vb)} F_1(u, v) \quad (4)$$

由式(4), 可以得到 $f_1(x, y)$ 和 $f_2(x, y)$ 的互功率谱:

$$\frac{F_1(u, v)F_2^*(u, v)}{|F_1(u, v)F_2(u, v)|} = e^{j2\pi(ua+vb)} \quad (5)$$

式中: $F_2^*(u, v)$ 为 $F_2(u, v)$ 的共轭函数。式(5)表示互功率谱的相位等于 2 幅图像之间的相移。

3 基于相位相关性的自适应梯标检测算法

将摄像机采集到的梯标视频帧,首先在频域计算其与模板梯标的相位相关性,得到 2 幅图像的位置平移量,并根据偏移量进行 2 帧图像的配准,然后对 2 帧的帧差进行分析,从而判断配帖是否出错。文中方法的优点是可以利用视频分析技术,即视频帧差分方法,避免使用边缘检测算法(边缘检测计算复杂度以及需要处理噪声带来的干扰,使阈值选择变得困难)。

文中提出的算法具体流程为以下内容。

1) 摄像机采集装订线上书帖视频帧。

2) 视频帧 $f_1(x, y)$ 与书帖模板帧 $f_2(x, y)$ 使用汉宁窗去除图像的边界效应。

3) 将 $f_1(x, y)$ 和 $f_2(x, y)$ 分别进行傅里叶变换得到 G_1 和 G_2 。

4) 使用 $R = \frac{G_1 G_2^*}{|G_1 G_2|}$ 计算互功率。

5) 对 R 进行傅里叶逆变换, 即 $r = DFT^{-1}(R)$ 。

6) 对 r 计算最大值位置, 并在以该位置为

中心的 5×5 的窗体内使用公式 $a = \frac{\sum_{5 \times 5} if(i, j)}{\sum_{5 \times 5} f(i, j)}$,

$b = \frac{\sum_{5 \times 5} jf(i, j)}{\sum_{5 \times 5} f(i, j)}$ 计算亚像素精度位置 (a, b) , 即为 2 个

图像之间的偏移量, 其中, i, j 分别为 1~5 的索引值。

7) 根据偏移量校准视频帧。

8) 校准后的视频帧与书帖模板帧进行相减获得残差帧。

9) 对残差帧进行二值化, 获取残差二值化图。

10) 对残差二值化图以 8×8 空域进行相关性光栅扫描。

11) 输出的扫描值如果小于阈值, 则认为配帖正常; 如果大于阈值, 则认为配帖出错。

4 实验结果及分析

文中实验平台使用计算机视觉库 OpenCV^[11-13]和微软开发环境 VS2010^[14], 开发语言为 C++语言。OpenCV 是一个供学术研究和商业应用的免费开源库^[15], 它包含了供实际计算机视觉处理的库函数。OpenCV 的使用领域非常广泛, 包括 2D 和 3D 的特征工具箱、运动估计、人脸识别系统、手势识别、运动理解、物体识别分割、运动跟踪。

文中提出的算法利用相位相关性原理进行配帖质量合格检测, 为了验证文中算法的有效性和鲁棒性, 文献中的检测算法作为实验对比算法。在检测正常配帖时, 实验中设计了实际生产中常见的 4 类位置偏移情况, 即垂直偏移、水平偏移、45°偏移和 135°偏移, 2 种算法的对比情况见图 3—6, 文献[1]的算法带来了较多的异常像素, 即白色像素, 难以利用数字图像技术进一步剔除这些异常像素, 对于配帖检测带来较大的干扰, 机器检测时容易造成合格品的误检, 这是因为文献[1]的算法是直接进行点对点相减, 没有考虑实际的位置偏移情况。由对比情况可见, 文中算法通过偏移校准后, 可以大范围减少异常像素, 少量的异常像素只需再做膨胀腐蚀处理就可消除, 可以减少合格品的误检率。利用相位相关性原理计算出的 2 帧图像位置的偏移量见表 1。

对于不合格的配帖, 文中的算法仍然可以使用, 通过校准后, 再进行 8×8 空域相关性遍历扫描, 根据扫描值就可以检测出是否存在配帖出错。缺贴、多贴和错贴的实验效果见图 7。

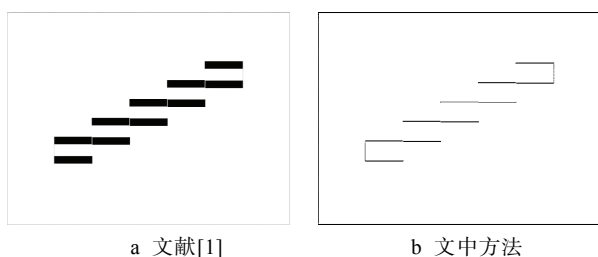


图 3 正常配帖垂直偏移
Fig.3 Vertical shifting of normal association

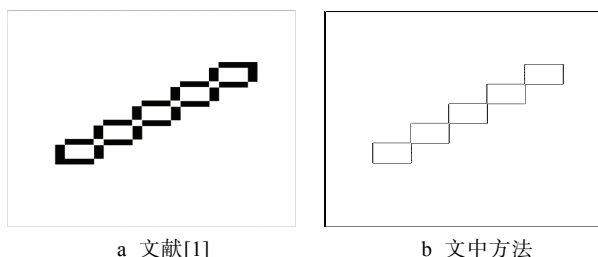


图 4 正常配帖水平偏移
Fig.4 Horizontal shifting of normal association

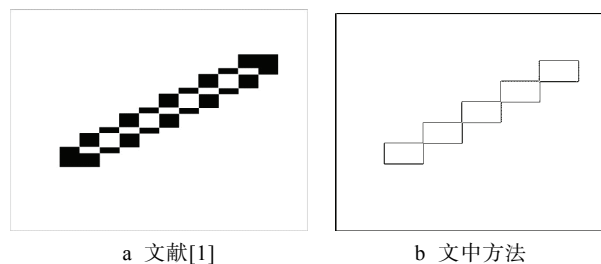


图 5 正常配帖 45°偏移
Fig.5 45° shifting of normal association

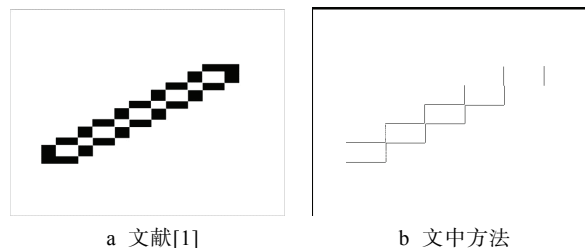


图 6 正常配帖 135°偏移
Fig.6 135° shifting of normal association

表 1 正常配帖位移量
Tab.1 Displacement of normal association

偏移类型	偏移量	
	a	b
垂直偏移	0.07	-14.99
水平偏移	18.89	-1.17
45°偏移	37.79	-26.35
135°偏移	-30.16	15.22

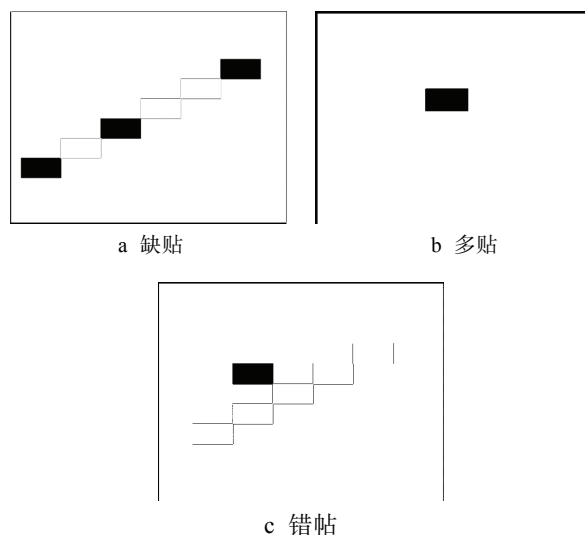


图 7 文中方法检测不合格的配帖效果
Fig.7 Detection results of abnormal association by the proposed method

文中算法主要需要依赖提到的纯色背景墙, 如果背景墙受到污染, 将会影响文中算法的鲁棒性。由此, 将进一步研究减少背景墙污染对文中算法的影响, 从而提高算法的稳定性。

5 结语

提出了一种基于相位相关性的自适应梯标检测方法, 通过利用相位相关配准技术, 将摄像机采集到的梯标视频帧, 计算其与模板梯标的相位相关性, 根据文中方法获取2帧视频的位置偏移量对2帧图像的配准, 然后对2帧的帧差进行分析, 从而判断配帖是否出错。对比现有的方法, 其可以利用视频分析技术, 即视频帧差分方法, 避免使用边缘检测算法, 因为边缘检测计算复杂度高以及需要处理噪声带来的干扰, 容易导致阈值选择困难。实验结果显示, 文中方法可以减少合格配帖的误检率, 且对不合格的配帖检测仍然有效。文中方法可以提高书籍装订中配帖的智能化水平, 有效降低人工配帖的工作量和错误率。

参考文献:

- [1] 王梅, 彭湘敏. 书籍装订中梯标在线检测系统的开发[J]. 包装工程, 2016, 37(7): 171—174.
WANG Mei, PENG Xiang-min. Exploitation of the Online Detection System of Bookbinding Signature Mark[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(7): 171—174.
- [2] 刘革. 书刊印后加工质量检测技术[J]. 印刷技术, 2006(36): 36—38.
LIU Ge. The Technology of the Printing Finishing Quality Detection[J]. Printing Technology, 2006(36): 36—38.
- [3] 张荣宝. 配页机中书帖检测系统的研究[D]. 上海: 复旦大学, 2006.
ZHANG Rong-bao. Study on the Detecting System of the Association Machine[D]. Shanghai: Fudan University, 2006.
- [4] 斯蒂格, 杨少荣. 机器视觉算法与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
STEGE C, YANG Shao-rong. Machine Vision Algorithms and Applications[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.
- [5] MERY D, SVEC E, ARIAS M, et al. Modern Computer Vision Techniques for X-Ray Testing in Baggage Inspection[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2017, 47(4): 682—692.
- [6] KIM S J, LIN H T, LU Z. A New In-camera Imaging Model for Color Computer Vision and Its Application[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2012, 34(12): 2289—2302.
- [7] 冈萨雷斯. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
GONZALEZ R C. Digital Image Processing[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2009.
- [8] 刘晨, 刘后标, 贾可, 等. 基于相位相关法的实时模板定位方法[J]. 计算机应用, 2015, 35(S): 252—254.
LIU Chen, LIU Hou-biao, JIA Ke, et al. Real-time and Robust Pattern Localization for Phase Correlation[J]. Journal of Computer Applications, 2015, 35(S): 252—254.
- [9] GONZALEZ R. Robust Ring Detection in Phase Correlation Surfaces[J]. 2013 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications, 2013, 22(1): 1—5.
- [10] DONG Yun-yun, LONG Teng-fei, JIAO Wei-li, et al. A Novel Image Registration Method Based on Phase Correlation Using Low-rank Matrix Factorization with Mixture of Gaussian[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2018, 56(1): 446—460.
- [11] 布拉德斯基, 克勒, 于仕琪, 等. 学习 OpenCV[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
BRADSK G, KAEHLER A, YU Shi-qi, et al. Learning OpenCV[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2009.
- [12] CULJAK I, ABRAM D, PRIBANIC T, et al. A Brief Introduction to OpenCV[C]// MIPRO, 2012 Proceedings of the 35th International Convention, 2012.
- [13] PALEKAR R R, PARAB S U, PARIKH D P. Real Time License Plate Detection Using OpenCV and Tesseract[C]// International Conference on Communication and Signal Processing, 2017.
- [14] 望熙荣, 望熙贵, 李强. OpenCV 和 Visual Studio 图像识别应用开发[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2017.
WANG Xi-rong, WANG Xi-gui, LI Qiang. OpenCV and Visual Studio Image Recognition Application Development[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2017.
- [15] WANG Jia-xi, WATADA J. Panoramic Image Mosaic Based on SURF Algorithm Using OpenCV[C]// 2015 IEEE 9th International Symposium on Intelligent Signal Processing (WISP), 2015.