

显微镜下纤维切片图片自动拼接算法

董绍伟^{1,4}, 曹锡忠¹, 薛卫², 王香香³, 邵文峰⁴

- (1. 江苏出入境检验检疫局, 江苏 南京 210001;
2. 南京农业大学, 江苏 南京 210001;
3. 南京出入境检验检疫局, 江苏 南京 211106;
4. 常州出入境检验检疫局, 江苏 常州 213022)

摘要: 为了满足纤维检测要求, 构建了以互功率谱度量值为目的的配准模型, 实现了显微镜下2D图像全局自动拼接算法。该法将统一配准模型中的图像配准过程与全局移位参数的获取过程结合在一起, 用待配准图片同时在已配准两幅相邻图片中搜寻最佳拼接位置, 有效降低了拼接误差和重复结构区域影响, 具有较高的全局对准精度; 且此法减少了一般全局拼接算法中非线性模型求解过程, 提高了算法执行效率。结果显示, 该法得到拼接图能有效保持图像边界纤维截面形态, 达到较好的拼接图像效果。

关键词: 统一配准模型; 图像拼接; 纤维检测; 显微镜; 全局拼接算法; 重复结构区

中图分类号: TS 197

文献标志码: A

文章编号: 1000-4033(2012)11-0062-03

在检测领域, 计算机数字化图像处理技术受到了越来越多的关注。该技术的研究对象主要集中在纤维参数、织物折皱等级、织物悬垂性等方面, 但取得的突破性进展很少, 主要是受显微镜 CCD 摄像机视场限制所致, 由于其采集到的计算机图像只是很小一片区域, 仅涉及部分纤维根数, 无法代表整个样品的情况。为实现高精度、大视野、多参数测量, 单纯提高 CCD 性能不大实际, 且存在很多制约, 最好的改进方法是在同一焦距下, 拍摄多张照片, 然后组合在一起形成完整的检测图像, 在拍摄过程中, 为了保持图像细节, 相邻图可取一部分重叠进行拍摄, 合并时去掉重

叠即可。理论上相邻图像的重叠区域由载物台设定, 是固定值, 但实际上设备定位有误差, 拍摄出来的重叠区域大小是波动的, 因此需要计算出实际重叠大小, 图像拼接技术能够实现此目标。

图像拼接技术的核心内容是配准算法, 通过寻找相邻两幅图片重叠位置来实现图像的拼接。针对图像采集方式不同, 当前研究较多的自动拼接算法主要有两类: 1D^[1-2]和 2D^[3-10], 1D 指采集装置单向移动, 对于此类拼接, 只需考虑相邻两幅图片配准, 然后将相邻图依次拼接; 2D 方式较复杂, 需要对场景往返多次扫描, 以覆盖整个视场范围, 因此一幅图需要与两相邻图进行

配准, 然后以此配准参数为约束, 通过同时调整所有图像的移位参数, 寻找最优配准值。

本文提出的全局拼接算法是针对 2D 自动拼接算法的应用, 通过统一配准模型将图像配准过程与全局移位参数的获取过程结合在一起, 以寻找最佳拼接方式。

1 图像采集

在图像采集系统中, 显微镜固定在电动载物平台的上方, 设置显微镜的光轴与载物台表面垂直, 载物平台在二维平面内移动, 平台的水平垂直方向平动产生图像平移变换。忽略采集过程中微小的尺度差异和旋转角度, 设定相邻两幅显微图像之间只存在平移变换。

基金项目: 国家质检总局科技计划项目(2009IK101)。

专利名称: 一种显微镜下纤维横截面切片对焦数字图像获取方法(201210257990.8)。

作者简介: 董绍伟(1979—), 男, 工程师, 博士。主要从事纤维新型检测方法的研究工作。

通常,图像拼接的方法与图像采集的方式密切相关^[5-6],为了获得较高分辨率的图像拼接结果,本文采用2D扫描方式,如图1a所示。在2D扫描中,每幅图像不仅和时间上相邻的图像重叠,还需要和空间上相邻的图像重叠,采集时设置载物台水平面的移动轨迹方向,如图1b所示。

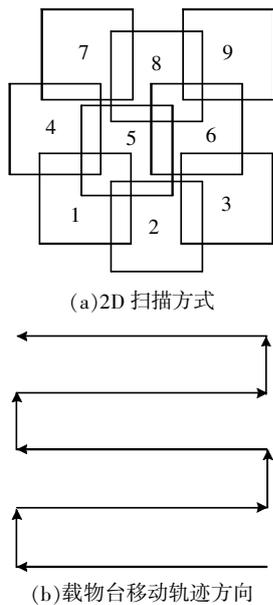


图1 2D扫描方式及载物台移动轨迹方向

需要注意的是,水平、垂直相邻图片要有1/4宽度和高度的像素重叠,以保证后续匹配具有足够的空间将移动过程中拍摄的图像拼接成完整切片图。采集到的图片共 $m \times n$ 张,与实物对照,其相对位置表示如下:

$$\begin{pmatrix} m, 1 & \cdots & \cdots & m, n \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 2, 1 & \ddots & & \vdots \\ 1, 1 & 1, 2 & \cdots & 1, n \end{pmatrix}$$

2 全局拼接

2.1 相邻图像配准

基于图像特征的方法可提取图像中的特征点^[3],通过特征点匹配来估计变换模型的参数,但是纤维截面图具有重复性特点,如果单

纯使用特征点匹配,对于规则形态纤维必然会造成误判。基于图像灰度信息的方法可在图像形变和亮度变化较小的情况下,直接利用图像重叠区的亮度一致性来估计变换参数,此方法考虑了重叠区所有像素的信息,具有较高的精度和稳定性,但是拍摄现场受曝光、抖动的影响,相邻图亮度存在较大的差异,基于纤维图像灰度信息对准的方法也不稳定。因此本文采用基于频域的匹配方法,首先对两幅图像进行快速傅立叶变换,然后通过计算其互功率谱以求得两幅图像之间的平移矢量,实现图像的匹配。

设 $f_1(x,y)$ 为参考图像, $f_2(x,y)$ 为存在平移的图像块,实际平移值为 (x_0,y_0) ,即 $f_2(x,y) = f_1(x-x_0,y-y_0)$,根据傅立叶变换的平移性质,对 $f_1(x,y)$ 和 $f_2(x,y)$ 做傅氏变换,其功率为:

$$F_1(u,v) = \exp[-j(x_0u+y_0v)] F_2(u,v) \quad (1)$$

式中: $x,u=0,1,2,\dots,M-1$; $y,v=0,1,2,\dots,N-1$; $j=\sqrt{-1}$, M,N 为图像的宽和高。

计算图像 $f_1(x,y)$ 和 $f_2(x,y)$ 的互相关函数,并对其做傅立叶变换,归一化后得到:

$$C(f_1,f_2) = \frac{F_1(u,v)F_2^*(u,v)}{|F_1(u,v)F_2^*(u,v)|} \quad (2)$$

根据傅立叶变换的平移性,将式(2)简化为:

$$C(f_1,f_2) = \exp[-j2\pi(x_0u+y_0v)] \quad (3)$$

对式(3)做反傅氏变换:

$$c(f_1,f_2) = F^{-1}\{\exp[-j2\pi(x_0u+y_0v)]\} = \delta(x-x_0,y-y_0) \quad (4)$$

可以看到, δ 函数除了 (x_0,y_0) 处都为0, δ 函数的峰值在理想情况下应为1,但是由于噪声等原因,其峰值往往小于1,且计算得到的峰值可能会出现多个不为0的点。对于这种情况,取峰值的最高位置

作为所求的平移位置。

2.2 拼接方法

1D拼接只需要相邻两幅图配准,而2D方式一幅图像要与左邻接和下邻接图局部配准,分别计算出两个最佳平移参数,理论上需分别用这两个参数计算图片在拼接大图中的坐标,且坐标应该一致,但因配准误差、设备等因素,实际情况并非如此,因此不能简单以其中任一坐标作为图片的移位参数,移位参数必须在此基础进行调整。有的全局拼接算法^[4]以两个平移参数作为参照条件,构建了一个非线性模型,计算出一组图像最佳平移参数。这一过程分成两个阶段,包括局部配准、非线性模型求解,运算量较大。

由于配准一般是寻找两幅图的重叠区域,因此本文将这种全局拼接方式进行调整,两步合一步,以图1相邻4幅图为例,如果图1、2、4位置确定,将其映射至新坐标系中,配准时移动图5,通过下列模型就可确定其与2、4图重叠区域,为第 (i,j) 幅图构建统一配准模型如下:

$$\max E_{ij} = \frac{I_u}{I_u+I_v} \delta_{i,j}^u + \frac{I_v}{I_u+I_v} \delta_{i,j}^v \quad (5)$$

式中: I_u, I_v 分别为水平、垂直方向重叠区域像素点个数; $(x_{i,j}, y_{i,j})$ 为第 (i,j) 张图的左上角点在新坐标系的坐标。

2.3 拼接流程

本文采用的拼接算法流程如下:

a. 首先通过两图配准算法确定水平第一行、垂直第一列,即位置参数 $i=1$ 与 $j=1$ 的图片移位参数,然后将第一列图片映射到新坐标实现列拼接;

b. 自第二行开始逐行进行全局拼接,次序自左向右,计算图 (i,j) 最佳统一配准系数,并映射该图至

新坐标,为下幅图全局拼接做准备;

c. 拼接完成。

3 试验结果及分析

对纤维横截面的显微图像进行拼接试验。将纤维切片进行2D扫描,其中图像大小为768×576像素,进行200倍放大,水平及垂直重叠区大致为170与130像素左右。在全局配准阶段,算法运行时间为50s左右。

如图2所示,用b、d在相邻图a、c中搜索(b、d实则为同一张图),a、b是水平对准,c、d是垂直对准,白色区域为重叠区域一部分,目测来看对准误差较小。

如图3所示,其为4行3列图像的拼接结果。

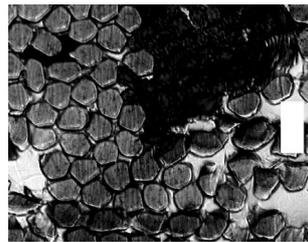
由图3可看出,整体拼接效果较好,能有效保持图像边界纤维的截面形态。

4 结论

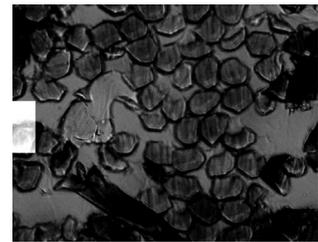
为了满足纤维检测要求,本文研究了显微镜下2D图像拼接技术,提出以互功率谱度量值作为目标的配准模型,实现了2D全局图像拼接。该算法能够有效地降低拼接误差和重复结构区域的影响,具有较高的全局对准精度;且该算法将配准过程与移位参数的获取有机地结合在一起,减少了一般全局拼接算法的非线性模型求解过程,有效地提高了算法执行效率;该法得到的拼接图能有效保持图像边界纤维截面形态,若想进一步提高图像质量,可采用图像融合与灰度一致化算法。

参考文献

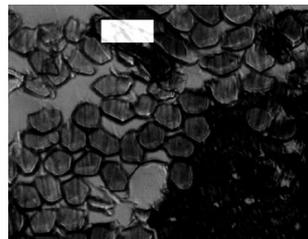
[1]邵聃,金立左.一种图像拼接的点特征匹配算法[J].东南大学学报:自然科学版,2008,38(A02):150-153.
[2]户鹏辉,于德敏,许增朴.一种基于面阵相机的在线图像拼接方法[J].计算机测量与控制,2008,16(8):1158-1160.



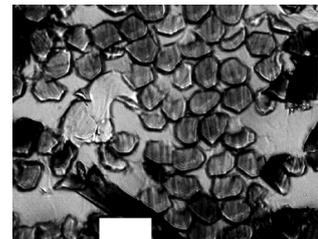
(a)配准图 A



(b)配准图 B



(c)配准图 C



(d)配准图 D

图2 配准搜索过程

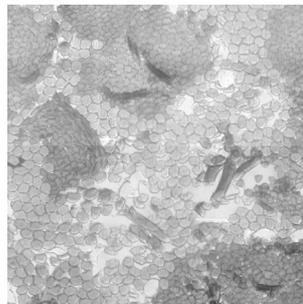


图3 全局拼接结果

[3]SZELISKI R. Video mosaics for virtual environments[J]. IEEE Computer Graphics and Application, 1996, 16(2):22-30.
[4]SHUM H Y, SZELISKI R. Construction and refinement of panoramic mosaics with global and local alignment[C]//Proceedings of the 6th International Conference on Computer Vision Collected Papers. Bombay: Proceedings of the 6th International Conference on Computer Vision, 1998:953-958.
[5]SAWHNEY H S, KUMAR R. VideoBrush: Experiences with Consumer Video Mosaicing[C]// Proceedings of the Workshop on Applications of Computer Vision Collected Papers. Princeton: Proceedings of the Workshop on Applications of Computer Vision, 1998:56-62.
[6]BROWN M, SZELISKI R. WINDER

S. Multi-image matching using multi-scale oriented patches [C]// Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Collected Papers. San Diego: Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2005:510-517.
[7]SAWHNEY H S, HSU S, KUMAR R. Robust video mosaicing through topology inference and local to global alignment [C]// Proceedings of the 5th European Conference on Computer Vision, Freiburg Collected Paper. Germany: Proceedings of the 5th European Conference on Computer Vision, 1998:103-119.
[8]HSU S, SAWHNEY H S, Kumar R. Automated mosaics via topology inference[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2002, 22(2):44-54.
[9]SZELISKI R. Image alignment and stitching: a tutorial [R]. New York: Microsoft Research, 2004.
[10]WANG H. Implementing of microscopic images mosaic revising algorithm [J]. IJ Image, Graphics and Signal Processing, 2011(3):56-63.

收稿日期 2012年5月15日