

基于计算机视觉的切膜机薄膜表面缺陷检测系统的设计

韦玉科, 曾 贵, 范 鹏

(广东工业大学 计算机学院, 广州 510006)

摘要: 在切膜机的生产线上, 需要对薄膜进行不同大小的切割; 然而, 实际生产中的薄膜的表面会存在各种缺陷, 需要对其进行缺陷检测, 检测内容主要包括划痕、污渍等; 针对传统人工检测方法的低效率性, 提出基于计算机视觉的自动检测设计方案, 同时给出一种改进的适用于缺陷检测的背景差法; 实验验证了方法的有效性和检测算法的可行性, 实现了薄膜缺陷的快速检测, 提高了生产率。

关键词: 切膜机; 光学薄膜; 机器视觉; 背景差

Design of Cutting Film Machine for Surface Defect Detection Based on Machine Vision

Wei Yuke, Zeng Gui, Fan Peng

(School of Computer, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The cutting film machine production line is used for different sizes of film cutting, and the surface of the film of actual production, however, there are various defects, mainly includes the scratches, stains, etc. In view of the traditional manual detection methods inefficient, this article put forward the design of automatic detection based on computer vision, and an improved background difference method for defect detection. Experiments verify the effectiveness of the method and the feasibility of the detection algorithm, realize the rapid detection of film defects and improve the productivity.

Keywords: cutting film machine; optical film; machine vision; method of background difference

0 引言

近年来, 基于计算机视觉的检测技术在工业检测领域中得到迅速发展^[1-7], 它是以现代光学为基础, 融合计算机技术、图像处理与分析技术等现代科学为一体, 组成光机电一体化综合检测系统, 能够实现智能化、数字化、网络化和多功能化, 具有在线检测、实时分析与控制、精度高、连续工作等特点, 能广泛用于各种特殊场合。

薄膜是一种薄而软的透明薄片, 用塑料、胶粘剂、橡胶或其他材料制成, 常用的薄膜有聚乙烯 (PE)、聚氯乙烯 (PVC)、聚苯乙烯、聚酯薄膜 (PET)、聚丙烯 (PP)、尼龙等, 本文主要针对光学薄膜。当前, 光学薄膜被广泛用于电子、电器、机械、印刷等行业。随着社会与科技的进步, 人们对产品质量要求越来越高。在光学薄膜的生产过程中, 由于加工工艺、生产环境、操作人员等多方面的原因, 导致薄光学膜的表面或内部出现气泡、皱折、刮伤、异物、涂料不均等缺陷, 这些缺陷不但破坏了光学薄膜的表面质量, 而且降低了产品的光学性能, 限制了产品的使用范围。

常见的光学薄膜缺陷种类繁多, 主要有晶点、斑点、毛削、刮伤、划伤、孔洞等情况。由于所要检测的缺陷很小, 在生产线上, 如果采用传统的人工检测方式, 将不可避免地面临检测人员的疲劳度高、检测速度慢以及检测成本高的问题。切

膜机, 是按照给定尺寸大小, 对薄膜进行裁切的机器, 广泛应用于光学薄膜生产线上。针对传统检测方法的低效率, 在切膜机的基础上, 本文提出一种基于计算机视觉的薄膜缺陷自动检测的系统方案, 并对其中的检测方法进行描述。

1 系统方案设计

1.1 系统控制模块

本系统是针对透明的光学薄膜, 宽度大小限定为 100 mm, 沿着送料方向, 若在长度为 200 mm 内没有发现缺陷, 上位机控制切刀对薄膜进行裁剪; 否则, 继续对薄膜进行搜索, 直至找到没有缺陷且满足剪切大小的膜块为止, 即大小为 200 mm × 100 mm 的区域。

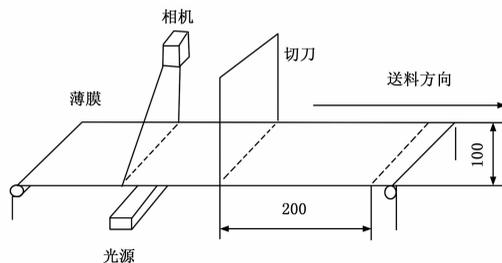


图1 薄膜表面缺陷自动检测系统控制

1.2 视觉处理模块

薄膜表面缺陷自动检测系统视觉模块, 主要由视频采集设备、控制单元上位机以及上位机检测软件构成, 视频采集设备由工业数字摄像机、光学镜头和光源构成。

工业数字摄像机及镜头用于被测对象的图像采集, 通过

收稿日期:2014-04-10; 修回日期:2014-05-10。

作者简介:韦玉科(1965-),女,广西荔浦县人,副教授,博士,主要从事智能信息处理、图像处理、模式识别方向的研究。

1394 接口与上位机相连, 将采集的图像数据传输给上位机供其处理, 为了满足 0.05 mm 的检测精度, 本系统采用 8 k 大小的线性扫描 CCD, 使得单个像素精度达到 0.012 mm。光源用于照明并突出对象的特征, 系统采用 LED 光源, 选用波长较大的红色光, 透过薄膜进行打光, 务必使得整个幅面亮度均匀。上位机是核心控制部分, 负责摄像机图像的采集控制, 上位机检测软件用于对采集到的图像进行处理, 并输出信号给控制工作台, 进行后续的操作。

在实际场景中, 薄膜表面缺陷的检测容易受外部环境的变化干扰, 如光照的变化、目标位置的变化。因此, 确保相机及镜头由支架固定在薄膜上方, 光源固定在相反方向, 同时, 确保其边缘与相机保持水平一致。

2 薄膜表面缺陷检测方法

针对表面缺陷的检测, 比较常用的方法^[8-9]有以下 3 种: 1) 直方图法: 对图像直方图分析, 取双峰之间的谷底作为阈值分割图像。但该方法适用范围比较窄, 仅当图像的前景与背景的所占比例相当时, 直方图才会呈现出比较明显的双峰, 所以不大适用于微米级尺寸的薄膜缺陷; 2) 大津法, 即最大类间方差法, 该方法是选取合适的阈值, 使得图像前景和背景两类间方差值最大, 取当前阈值为最佳分割阈值。但该方法对噪声敏感, 当背景幅面大而目标较小时, 分割效果不理想; 3) 背景差法: 将当前图像与已知的背景图像对应像素点做减法运算, 得到的结果图像可突出当前图像与背景图像的差异, 增强了对比度。进而选取合适的阈值, 对图像进行分割。但背景差法只能分割出目标的较亮区域, 而目标的较暗区域并没有从背景图像中分割出来。

由于传统的背景差法, 得到的背景图像时相对不变的, 对于背景经常发生突变的情况, 无法确立一个恒定不变的图像分割阈值; 其次, 对同时具有光亮区和黑暗区的目标, 传统的背景减法难以保证目标的完整分割, 针对此种情况, 本系统提出一种新的背景差法, 其算法流程图如图 2。

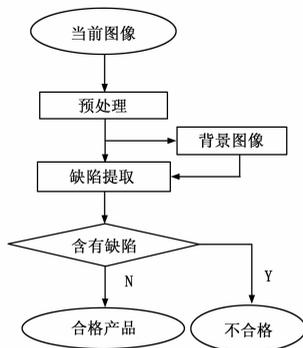


图 2 薄膜表面缺陷检测方法

2.1 图像预处理

在图像获取和传输的过程中, 难免会存在噪声点, 需要对其平滑处理, 即借助卷积核与图像进行卷积来实现。设原始图像为 $f(x,y)$, 卷积核为 $G(i,j)$, 核大小为 $m \times n$, 则处理后的图像 $g(x,y)$ 为:

$$g(x,y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b G(s,t) f(x+s,y+t) \quad (1)$$

其中: x,y 分别为像素点的横纵坐标, $a = (m-1)/2, b = (n-1)/2, m$ 和 n 为奇数。

由于薄膜中的划痕、污渍等缺陷往往比较小, 若采取较大的卷积核, 可能会导致部分缺陷的丢失, 因此, 实际中, m 和 n 的取值尽可能的小, 以滤掉单像素噪声点为宜。

2.2 背景差法

对去噪处理后的图像 $g(x,y)$, 需提取出背景图像。本系统中, 我们对图像采取均值滤波的方式来获取背景图像。

均值滤波也称为线性滤波, 其采用的主要方法为邻域平均法。线性滤波的基本原理是用均值代替原图像中的各个像素值, 即对待处理的当前像素点 (x,y) , 选择一个模板, 该模板由其近邻的若干像素组成, 求模板中所有像素的均值, 再把该均值赋予当前像素点 (x,y) , 作为处理后图像在该点上的灰度值, 此种方法往往用于对图像去噪。但在图像去噪的同时也破坏了图像的细节部分, 不能很好地保护图像细节, 然而, 从另一个角度来看, 可以利用其对图像的模糊处理, 来构建薄膜图片的背景。即得到背景图像:

$$v(x,y) = \frac{\sum_{s=-c}^c \sum_{t=-d}^d g(x+s,y+t)}{(2 * c + 1) * (2 * d + 1)} \quad (2)$$

其中: x,y 分别为像素点的横纵坐标, $2 * c + 1$ 和 $2 * b + 1$ 分别是模板横向和纵向大小。

承上, 将 $g(x,y)$ 与 $v(x,y)$ 作差,

$$M(x,y) = g(x,y) - v(x,y) \quad (3)$$

得到薄膜缺陷的近似图像, 再对差分结果 $M(x,y)$ 二值化^[10-11], 获取二值近似图像,

$$b(x,y) = \begin{cases} 0 & M(x,y) \leq thresh \\ 1 & M(x,y) > thresh \end{cases} \quad (4)$$

其中: $thresh$ 为系统中预先设置好的阈值。二值后的效果见图 3~6。

2.3 缺陷特征提取与识别

图像特征提取的目的, 是提取图像中缺陷的独一无二的特征值, 作为缺陷分类的标准。良好的特征应具有以下 4 个特点: 1) 可区别性; 2) 可靠性; 3) 独立性好; 4) 数量少。图像的特征包括纹理特征、几何形状特征等。本系统中, 取图像的几何形状特征参数作为缺陷的分类标准。

缺陷目标的几何形状特征包括以下几种。1) 高度: 目标轮廓外接矩形的高度; 2) 宽度: 目标轮廓外接矩形的宽度; 3) 周长: 目标外形轮廓包围的像素点的个数; 4) 面积: 目标包围的像素点的个数; 5) 长宽比: 长宽比指的是外形轮廓的外接矩形的长度与宽度之比; 6) 弯曲度: 弯曲度表征目标轮廓的弯曲程度, 弯曲度越大则目标轮廓越弯曲; 7) 圆形成度: 圆形成度是衡量目标轮廓接近圆形程度的一个指标, 圆形成度越大则轮廓越接近圆形; 8) 形状指数: 形状指数反映了目标轮廓形状的复杂程度, 形状指数越大则形状就越复杂; 9) 矩形成度: 矩形成度表征了目标对其外接矩形的充满程度, 用目标轮廓包围的面积与其外接矩形面积之比来描述。

对二值化后的图像 $b(x,y)$, 根据不同缺陷的图像特征, 识别出缺陷, 并对其进行分类统计。

3 系统功能测试

实验中, 随机选取 20 块薄膜, 分别采用人工检测和本系统的视觉检测方法, 对数据统计分析。

能监控的系统的实时性要求。系统对用户划定区域的入侵行为自动报警, 安防人员只需针对产生报警的监控进行处理和确认即可, 因此大大提高了安防人员监控效率。但本文设计的智能监控系统仍有以下不足:

- 1) 警戒区域出现缓慢移动的微小目标时, 系统无法检测。
- 2) 用中值法对背景进行更新降低了系统的虚警率, 使其具有一定的环境自适应能力, 但同时导致算法的复杂性增加, 实时性变差。系统平均需延迟 500 ms 才能发出预警信号。故算法的实时性有待进一步提高。

参考文献:

[1] 郭波, 樊丁, 彭凯. 基于 DaVinci 技术的嵌入式视频监控系统设计 [J]. 测控技术, 2009, 28 (10): 82-84.

(上接第 2753 页)



图3 CCD 拍摄的薄膜图片



图4 背景图片



图5 二值化后的效果



图6 特征提取后的效果

表 1 对比统计表

方法	测试数	合格数	耗时/s	精度/mm
人工	20	18	15	0.10
本系统	20	19	4.7	0.05

在车间生产线中, 在切膜机没有配备视觉系统前 (配备前) 与配备视觉系统后 (配备后), 分别剪切出 100 块薄膜, 其宽度大小为 100 mm, 长度为 200 mm, 统计出合格产品数。

表 2 对比统计表

机器	测试数	合格数	耗时/s
配备前	100	87	80
配备后	100	98	82

数据表明, 配备视觉系统后, 能够避免裁剪出的薄膜出现缺陷, 而导致产品原料的损失。在不影响剪切速度的情况下, 有效地保证了合格率。

4 结论

针对当前切膜机无法直接对光学薄膜进行缺陷检测, 本文提出在机器上配置视觉系统, 利用机器视觉检测技术和图像处理技术, 实现了切膜机的自动缺陷检测。

[2] 郭波, 管菊花, 李杰. 基于 ARM 的汽车安全气囊控制系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (9): 2091-2094.

[3] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. Image Processing: Analysis, and Machine Vision [M]. Thomson, 2003.

[4] Viola p., Jones M. and Snow D. Detecting Pedestrians Using Patterns of Motion and Appearance [A]. Proceedings of 9th IEEE International Conference on Computer Vision [C]. Paris, France: IEEE, 2003, 734-741.

[5] 解晓萌. 复杂背景下运动目标检测和识别关键技术研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2012.

[6] 赵勇, 袁誉乐, 丁锐. DAVINCI 技术原理与应用 [M]. 南京: 东南大学出版社, 2008.

在不影响原有切膜速度的情况下, 有效的提高了产品原料的利用率, 满足了客户的需求, 具有实用价值和一定的通用性。

另外, 本文针对光学薄膜的特性, 提出一种新的缺陷检测背景差法, 利用均值滤波来获取图像背景, 实现结果表明, 该方法能有效的解决光学薄膜的缺陷检测。

参考文献:

[1] 何小利, 宋钰. 基于机器视觉技术的物体表面缺陷 [J]. 洛阳师范学院学报, 2011, 30 (2): 64-67.

[2] 吴彰良, 刘洁, 孙长库. 基于计算机视觉的油封尺寸检测系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (5): 1196-1198.

[3] WangL, ShenYM. Design of Machine Vision Applications in Detection of Defects in High-Speed Bar Copper [A]. 2010 International Conference on E-Product, E-Service and E-Entertainment (ICEEE) [C]. 2010, 7-9.

[4] Liu Shaojun, Wang Ku. Detection of Damaged Cottonseeds Using Machine Vision [A]. Information Technology and Applications [C]. 2009, 503-506.

[5] Yue X F, Ren Y W, Lei S, et al. Improving the piston assembly by machine vision recognition technology [A]. Computer, Mechatronics, Control and Electronic Engineering [C]. 2010: 203-206.

[6] Jiancheng Jia. A Machine Vision Application for Industrial Assembly Inspection [A]. International Conference on Machine Vision [C]. 2009: 172-176.

[7] 卜晨. 基于机器视觉的外螺纹检测方法 & 实验研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2011.

[8] Carsten Steger, Markus Ulrich, Christian Wiedemann. 机器视觉算法与应用 [M]. 杨少荣, 吴迪靖, 段德山译. 北京: 清华大学出版社, 2009.

[9] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. 图像处理分析与机器视觉 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.

[10] Lang X P, Zhu F, Hao Ying M, et al. Integral Image Based Fast Algorithm for Two-Dimensional Otsu Thresholding [A]. Image and Signal Processing [C]. 2008: 677-681.

[11] Chen Y, Chen D R, Yang X, et al. Otsu's thresholding method based on gray level-gradient two-dimensional histogram [A]. Informatics in Control, Automation and Robotics (CAR) [C]. 2010: 282-285.