

文章编号:1007-2780(2016)07-0721-05

基于图像处理的螺丝钉计数方法研究

苗姣姣, 刘毅敏*

(武汉科技大学 信息科学与工程学院, 湖北 武汉 430081)

摘要:针对传统仓库管理系统中螺丝钉统计计数难题,将数字图像处理引入到螺丝钉检测计数中。提出了一种基于图像处理的螺丝钉自动计数方法。首先对未放置螺丝钉的货架进行处理,检测并记录放置螺丝钉的位置等信息,建立模板。在建立模板的过程中,采用人机交互的方式进行校正,能够有效地解决光照、噪声等带来的影响,从而建立准确的模板。然后将未放置螺丝钉的图像(模板图)与待检测图像相减,突出放置螺丝钉后的位置的特征。最后采用模板匹配法,检测对应位置是否存在螺丝钉。实验表明:该方法能够有效地解决货架受损、螺丝钉氧化和噪声干扰等情况带来的影响,并且实现简单。计数准确率高达 98% 以上,平均检测时间为 3.67 ms,很大程度地提升了仓库管理性能。

关键词:仓库管理;自动计数;人机交互;模板匹配

中图分类号:TP391.4 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20163107.0721

Screw counting method based on image processing

MIAO Jiao-jiao, LIU Yi-min*

(College of Information Science and Engineering, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China)

Abstract: In view of screws counting problem in traditional warehouse management system, digital image processing is introduced to the detection and counting of screws. A method for screws automatic counting based on image processing is presented. Processing the shelves without placing screws is to detect and record placed screw position information, establishing the template. In order to establish an accurate template, a way of human-computer interaction is proposed to correct, which can effectively solve the impact of light, noise, etc. Then unplaced screws image (template image) subtracts the detected image, standing out the features of placed screws. Finally, template matching is used to position the screws. Experimental results show that this method can effectively solve the impact of shelves damaged, screws oxidation and noise interference, and realizes simple. Counting accuracy rate of this method can achieve above 98%, and average detection time is 3.67 ms, significantly improving warehouse management capabilities.

Key words: warehouse management; automatic counting; interactive; template matching

收稿日期:2016-01-08;修订日期:2016-03-03.

基金项目:国家自然科学基金(No. 61501337)

Supported by National Natural Science Foundation of China(No. 61501337)

* 通信联系人, E-mail:liuywmwzs@sohu.com

1 引言

传统仓库对一些货品的计数普遍采用人工方式进行统计,但对于仓库面积较大,货品种类较多的情况下,该方法需要耗费大量的人力、物力甚至财力,而且计数的准确率很难保障,效率也不高;还有一些货品采用射频标签技术进行统计计数,将货品的相关信息写入抗金属标签中,对货品标签进行扫描计数。此方法计数准确,但成本较高,而且不适用于实时性较高的货品出入库的情况。

某钢厂对螺丝钉在出入库统计计数中普遍采用人工方式,一般一个工人平均用时 0.3 s/个,并且其速度和准确率随着时间而降低。显然人工计数存在劳动强度大、效率低、错误率高等缺点。近年来图像处理技术取得快速发展,已成为企业管理系统的重要组成部分,被广泛应用于大规模或者具有高要求的生产中,甚至是一些不利用于人工进行操作的工作环境中。利用计算机图像处理技术,代替传统的人工计数方式,可以实现人工无法达到的准确性、可靠性及自动化。本文根据螺丝钉的特性,提出了一种基于图像处理的螺丝钉自动计数方法。该方法实现简单,有效解决了实际工作过程中遇到的计数不准确、效率低等问题,同时也降低了成本,为仓库实现智能化管理奠定了基础。

2 系统流程

该自动计数系统通过固定好的摄像机摄取图像,经过图像卡把图像数据采集到计算机内存,利用研制开发的螺丝钉自动检测与计数软件实现计数,最后由相应的设备输出测量结果^[1]。

由于仓库中螺丝钉出入库比较频繁,长时间多频率的存取螺丝钉会对铁架面造成一定程度的损害,给计数带来困难。因此需要对新的货架建立标准模板,记录放置螺丝钉的位置和大小等信息,排除铁架面上的损害、污渍以及噪声等带来的干扰。首先建立模板,其流程如图 1 所示。然后对放置了螺丝钉的货架进行图像采集,自动统计计数,其流程图如图 2 所示^[2]。

通过摄像机采集未放置螺丝钉的图像,对其

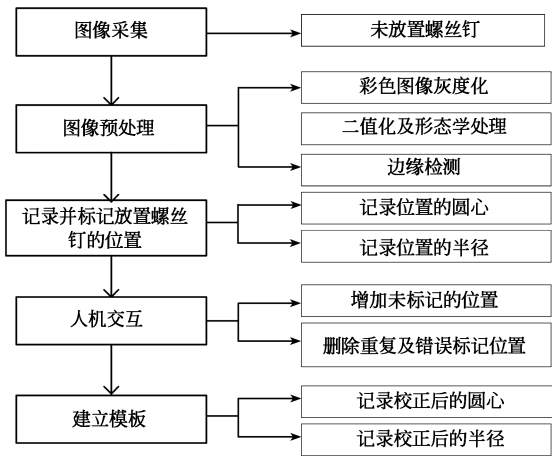


图 1 建立模板流程

Fig. 1 Resume template process

进行预处理。将彩色图像转换为灰度图像,然后对其进行二值化及一系列形态学操作,最终检测到每一个盛放螺丝钉的位置,并记录该位置的圆心以及半径。针对有的位置可能检测不到或者检测重复、错误等情况,通过人机交互进行校正,最终建立标准模板,准确记录盛放螺丝钉的位置以及大小信息。

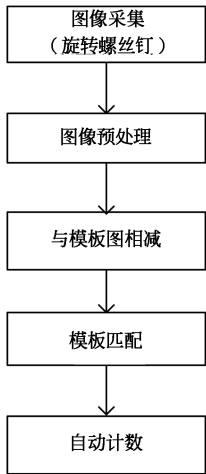


图 2 螺丝钉自动计数

Fig. 2 Screws automatic counting

采集待检测计数的图像,进行灰度化等图像预处理后与模板图相减,将放置了螺丝钉后的位置突出的显示出来。为了能够准确地对螺丝钉进行计数,并且减少计数过程中消耗在非目标位置上的无意义运算,利用模板中记录的位置信息与待检测图像进行模板匹配,从而准确快速地计算出螺丝钉的个数。

3 建立标准模板

3.1 图像的预处理

通过摄像机摄取的图像为 RGB 彩色图像,存储彩色图像会占用大量的内存资源。由于螺丝钉易氧化并且长时间使用,螺丝钉头部的彩色图像特征并不能作为螺丝钉检测计数的依据。为了提高处理效率,将彩色图像转换为灰度图像,同时也滤除了一些不必要的图像噪声^[3]。

灰度化后的图像如图 3(a)所示,孔的灰度和背景的灰度有着本质的差别,因此通过基于判别分析和最小二乘法原理的自动阈值选择的 Otsu 方法,自动计算得到全局阈值,然后利用该阈值对图像进行分割,得到二值化图像,效果如图 3(b)所示。

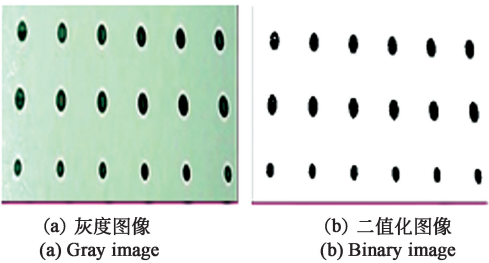


图 3 图像预处理
Fig. 3 Resume template

为了能够获得放置螺丝钉的位置信息,对二值图像进行边缘检测。本文采用 Canny 边缘检测算子^[4]。通常一些边缘检测算法通过平滑滤波去除噪声的同时,也增加了边缘定位的不确定性;而提高边缘检测算子对边缘敏感度的同时,也提高了对噪声的敏感性。Canny 算子在抗噪声干扰和精确定位之间寻求最佳折中方案。

Canny 算子的基本思想是首先对图像选择一定的高斯函数 Gauss 进行平滑滤波,然后采用非极值抑制技术进行处理得到最后的边缘图像,即一阶微分的极大值确定边缘。二阶微分的零交叉点不仅对应着一阶导数的极大值,而且也对应着一阶导数的极小值^[5-6]。

其定义为:对图像 $f(x,y)$ 进行高斯函数滤波后得到 $f(x,y) * G_{\alpha}(x,y)$,其中 α 为相应的尺度因子,计算其梯度矢量的模 M_{α} 和方向 A_{α} 为:

$$M_{\alpha} = \| f(x,y) * \nabla G_{\alpha}(x,y) \| \quad , \quad (1)$$

$$A_{\alpha} = \frac{f(x,y) * \nabla G_{\alpha}(x,y)}{\| f(x,y) * \nabla G_{\alpha}(x,y) \|} \quad . \quad (2)$$

图像的边缘点即为在 A_{α} 方向上使用 M_{α} 取得局部极大值的点。经过 Canny 边缘检测后的效果如图 4(a)所示,从图中可以看出除了检测到孔的边缘外,还检测到一些干扰边缘,因此需要排除。首先进行粗略的排除,对于包含像素点过少和过多的边缘,进行排除,排除后的效果如图 4(b)所示。

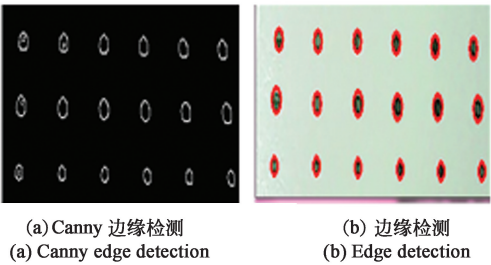


图 4 边缘检测
Fig. 4 Edge detection

3.2 人机交互

由于仓库现场比较复杂,图像采集容易受到光照、电源电压波动以及电磁干扰等因素的影响,使得图像中存在较大噪声,因此经过自动检测后并不是所有的位置都能够准确的检测到。为了能够建立准确的模板,采用人机交互的方式进行校正。当边缘检测冗余时,进行人工剔除校正;当边缘检测不足时,则进行人工添加校正^[6],直到建立准确的模板。

经过自动检测后,将检测到的孔的圆心、以及对应的半径分别存储到容器 Centers 和容器 Radius 中。

人机交互具体实现流程如下:

- (1)当边缘检测冗余时,点击多余的边缘,获取该边缘在容器 Centers 和容器 Radius 中的值;
- (2)从容器 Centers 和容器 Radius 删除该元素;
- (3)当边缘检测不足时,点击需要添加边缘的孔的中心,并将该中心的坐标添加到容器 Centers 中;
- (4)以容器 Radius 中所有值的平均值为半径添加边缘,并将该值添加到容器 Radius 中;
- (5)重复(1)~(4)步骤,直到准确的找到放置螺丝钉位置的信息,建立准确的模板。

校正效果如图 5 所示,图 5(a)中由于孔下面背景的干扰导致边缘检测冗余,图 5(c)中由于光

照的不均匀导致检测不足和冗余。

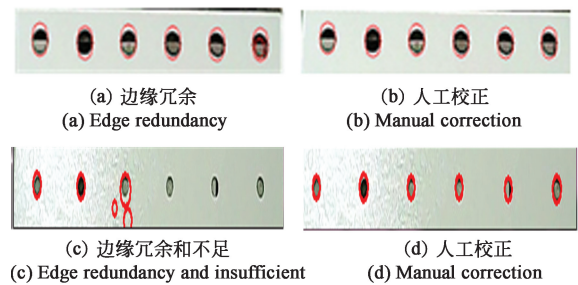


图 5 校正效果
Fig. 5 Correction effect

4 自动计数

4.1 与模板图做差

两幅大小、类型相同的图像相减后可以快速的找到两者差别比较大的地方。相同或相近的部位像素差值较小，相减后结果会比较暗接近于黑色；而不同或相差较大的部位像素差值较大，相减后结果会比较亮接近于白色。根据差值运算，将模板图与待测图像相减。可快速的突出放置了螺丝钉的位置的特征；而未放置螺丝钉的位置则很暗，接近于黑色。

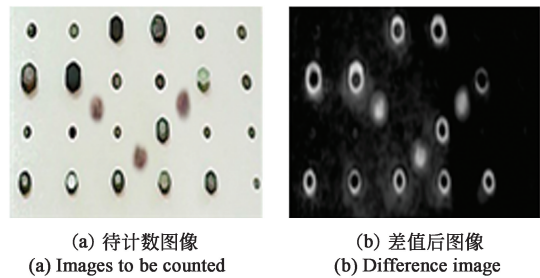


图 6 待测图像与模板图做差
Fig. 6 Test image and the template diagram make difference

从图 6 可以看出，待测图像与模板图做差后，放置了螺丝钉后的位置与没有放置螺丝钉的位置具有明显的差别。螺丝钉的边缘信息被强化，而未放置螺丝钉的位置却没有明显的特征，甚至接近于黑色和背景融合。同时铁架上的污迹也对螺丝钉的计数造成了一定的影响。

4.2 模板匹配

待测图像与模板图做差后可以明显的得到螺丝钉的特征，但是污迹给计数带了影响。为了精

确获得螺丝钉的个数，采用模板匹配法来准确计数。根据螺丝钉的头部形状近似为圆形，所以考虑利用螺丝钉的形状特征^[7]再结合面积加以判别计数^[8-9]，模板匹配法如图 7 所示。

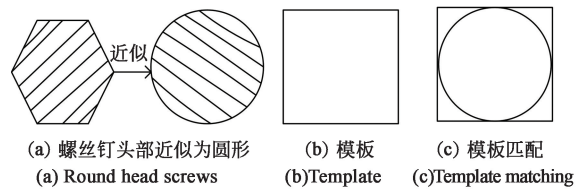


图 7 模板匹配法
Fig. 7 Template matching

设螺丝钉的头部半径为 R ，选择模板为边长为 L 的正方形，模板的内切圆半径为 R 。模板匹配流程如下：

- (1)依次检索模板图存储的孔的圆心 Centers 以及半径 Radius；
- (2)令 $R = 1.2 * \text{Radius}$ ，根据模板图存储的圆心 Centers 位置，在对应位置使用模板对其进行覆盖；
- (3)将模板的像素作为标准面积 S_0 ，待计数螺丝钉头部面积为 S 。当 $\frac{2}{3} S_0 < S < \frac{4}{3} S_0$ 时，则将模板下的位置标记为已计数，螺丝钉的个数加 1，继续找寻下一个圆心的位置，最后将计数结果送显示器。

本文采用的模板匹配法^[10-11]，不同于其他图像处理中的计数方法，避免了对整幅图像进行扫描匹配。它不仅避免了时间上的复杂度，而且也提高了匹配的精度。即使图像的其他位置有很大干扰，对计数结果也没有影响，大大的提高了计数的速度及准确率。使用本文的模板匹配法对 16 mm, 20 mm, 22 mm 型号的螺丝钉进行自动统计计数，结果如图表 1 所示，准确率达 98% 以上，效率也较高。

表 1 算法时间与准确率

Tab. 1 Time and accuracy of the algorithm			
品种规格/mm	待计数/个	自动计数/个	时间/ms
16	1 000	98	350
20	1 000	98	370
22	1 000	100	380

5 结 论

本文针对现有仓库在螺丝钉自动计数方面存在的局限性进行改进,提出了一种基于图像处理的螺丝钉自动计数方法。一方面,充分利用了螺丝钉存放位置的信息,解决了模板匹配中时间上

的复杂性;另一方面也解决了背景干扰的影响。该方法不仅解决人为计数所产生的精度和效率问题,而且也解决了射频标签所产生的巨大的投资问题。经过实验验证,该方法实现简单,计数准确率高达98%以上,平均检测时间为3.67 ms,有效的解决了实际工作过程中遇到的难题,也为仓库实现智能化管理奠定了基础。

参 考 文 献:

- [1] 张少军,苟中魁,李庆利,等.利用数字图像处理技术测量直齿圆柱齿轮几何尺寸[J].光学精密工程,2004,12(6): 619-625.
ZHANG S J, GOU Z K, LI Q L, *et al.* Digital image processing technology for spur gear measurement[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2004, 12(6): 619-625. (in Chinese)
- [2] 侯维岩,张利伟,党蟒,等.一种基于图像处理的棒材计数测量系统的设计与实现[J].仪器仪表学报,2013,34(5): 1100-1106.
HOU W Y, ZHANG L W, DANG M, *et al.* Design and implementation of bar count measurement system based on image processintang[J]. *Chinese Journal of Scientific Instrument*, 2013, 34(5): 1100-1106. (in Chinese)
- [3] 王彩云.基于数字图像处理的智能电表螺钉识别与定位技术研究[D].广州:华南理工大学,2012.
WANG C Y. Smart meter screw identification and positioning technology research based on digital image processing [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012. (in Chinese)
- [4] 郭杰,雷刚,陈健生,等.基于机器视觉的钢包头检测系统设计[J].液晶与显示,2013,28(5):770-775.
GUO J, LEI G, CHEN J S, *et al.* Design of steel toecaps inspection system based on machine vision[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(5): 770-775. (in Chinese)
- [5] 张铮,王艳平,薛桂香.数字图像处理与机器视觉——Visual C++与Matlab实现[M].北京:人民邮电出版社,2010.
ZHANG Z, WNAG Y P, XUE G X. *Digital Image Processing and Machine Vision --Visual C++ and Matlab-Realize* [M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2010. (in Chinese)
- [6] 段瑞玲,李庆祥,李玉和.图像边缘检测方法研究综述[J].光学技术,2005,31(3):415-419.
DUAN R L, LI Q X, LI Y H. Summary of image edge detection[J]. *Optical Technique*, 2005, 31(3): 415-419. (in Chinese)
- [7] 张达,谢植,艾江山.棒材在线计数中断面定位方法研究[J].仪器仪表学报,2010,31(5):1173-1178.
ZHANGD, XIE Z, AI J S. Research on rebar section positioning method in online rebar counting system[J]. *Chinese Journal of Scientific Instrument*, 2010, 31(5): 1173-1178. (in Chinese)
- [8] 周群,胡光锐.基于模板覆盖法的钢筋在线计数方法[J].上海交通大学学报,1999,33(11):1462-1464.
ZHOU Q, HU G R. Real-time counting of reinforcing barbased on template covering[J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 1999, 33(11): 1462-1464. (in Chinese)
- [9] 林玉池,崔彦平,黄银国.复杂背景下边缘提取与目标识别方法研究[J].光学精密工程,2006,14(3):509-514.
LIN Y C, CUI Y P, HUANG Y G. Study on edge detection and target recognition in complex background[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2006, 14(3): 509-514. (in Chinese)
- [10] WU T R, TOET A. Speed-up template matching through integral image based weak classifiers[J]. *Journal of Pattern Recognition Research*, 2014, 9(1): 1-12.
- [11] 孙可,张钧萍.局部自适应方向模板匹配的高分辨率遥感影像道路提取[J].光学精密工程,2015,23(10):509-515.
SUN K, ZHANG J P. Road extraction from high-resolution remote sensing imagery based on local adaptive directional template match[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2015, 23(10): 509-515. (in Chinese)

作者简介:苗姣姣(1990—),女,河北邯郸人,硕士研究生,主要从事图像处理,信号与信息处理的研究。E-mail: 874692989@qq.com

刘毅敏(1973—),女,副教授,主要从事智能信息处理,工业生产过程信息化,自动检测技术,嵌入式系统的研究。E-mail:liuymwzs@sohu.com