

直管段包装过程中的视觉计数系统设计

边少平

(内蒙古建筑职业技术学院, 呼和浩特 010070)

摘要: **目的** 提出一种基于视觉图像处理的直管段端面圆边缘检测算法与装置, 用于直管段精确计数, 以提高计数精度和包装效率。**方法** 使用 CCD 采集直管段端面图像, 在 Matlab 软件中编写检测算法, 分别通过对像素坐标、阈值大小的调节来增强图像的对比度, 完成图像的灰度化、二值化预处理。将霍夫变换与 Harris Laplace 算法相结合, 并对管段端面进行边缘检测; 通过设定管径大小实现端面圆形边缘的识别、显示与计数。**结果** 将直管段放入设计的视觉计数装置中, 通过可动挡板使端面对齐后, 采用图像处理技术来实现视觉计数, 多次测试结果验证了系统的正确性。**结论** 该方法可以用于直管段的自动计数。

关键词: 直管段; 包装; 计数; 边缘检测; 设计

中图分类号: TB486 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2020)01-0161-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.01.025

Design of Visual Counting System for Packaging Process of Straight Pipes

BIAN Shao-ping

(Inner Mongolia Technical College of Construction, Hohhot 010070, China)

ABSTRACT: This article aims to propose a circular edge detection algorithm based on visual image processing for the accurate counting of straight pipes, so as to improve the counting accuracy and packaging efficiency. CCD was used to collect the end image of straight pipe, and the detection algorithm was written in Matlab software. The contrast of the image was enhanced by adjusting the coordinates of the pixels and the size of the threshold, and the gray and binary pre-processing of the image were completed. Hough transform and Harris Laplace algorithm were combined to detect the edge of the end surface of the pipe. The circular edge of the end surface was recognized, displayed and counted by setting the diameter of the pipe. The straight pipes were put into the designed visual counting device. After the end section was aligned by the movable baffle, the visual counting was realized by image processing technology. The correctness of the system was verified by many test results. This method can be used for automatic counting of straight pipe sections.

KEY WORDS: straight pipe; package; counting; edge detection; recognition; design

目前大多数汽车塑料管件生产厂家对于直管的计数采用称重的方式, 该方式的优点是设备简单, 适应于多种长短不一的管件, 缺点是计量速度慢, 当管壁厚度存在误差时, 会导致计数精度低。为了提高计数效率和计数精度, 研制基于机器视觉的直管计数系统, 该方法具有以下优点: 可提高管件的计数精度, 减少“多称、少称”的问题; 性能稳定, 不依赖操作人

员的主观经验, 不用频繁地定期检查维护; 由于使用的是程序算法, 故计算速度相比人为操作速度将得到大大提高。

1 研究现状

2004 年尚艳芬、侯彩云、常国华等对基于图像

收稿日期: 2019-11-11

作者简介: 边少平 (1977—), 女, 硕士, 副教授, 主要研究方向为包装设计、标志设计、企业形象设计、字体与版式设计。

辨认的黄粒米自动检测系统^[1]进行了研究和设计,依据 RGB 色度学原理,运用计算机图像识别,对稻米中的黄粒米进行自动检测,从而计算其粒数。2005 年何中虎等^[2]对基于图像识别的小麦品种分类进行了研究,基于数字图像分析,利用小麦的 20 个形态特征和 12 种颜色对各个地区小麦进行识别率与回判率的整合。2012 年 Razieh Pourdarbani^[3]利用 Matlab 软件进行图像处理、提取样本特征,并用 SPSS 统计软件进行了分析,进而提高了精准农业生产效率,提高了生产质量。2016 年陈洋、张林等^[4]通过研究视觉检测技术在工业中的应用,判断机器设备采集对象的图像像素、色彩度等特征,从而达到所要求的检测目的。另外,2018 年陈尚兵、袁建等^[5]也针对农产品问题,利用视觉检测进行了不同程度的优化检测。2019 年王灿钊、高琪翔等^[6]将视觉检测技术应用于制造业生产线中。邱素贞等^[7]研究了视觉检测在码垛机器人中的应用。刘超等^[8]根据产品的形状进行了程序设计,完成了对不同形状产品的挑选。在包装行业中,机器视觉检测技术已经广泛地应用于药品包装生产线^[9]、玻璃瓶缺陷识别^[10]以及制袋机的裁切定位中^[11]。

综上所述,机器视觉以其独有的检测速度快、精度高等特点,已经广泛地应用于工业生产过程中,而采用机器视觉技术进行包装过程中的直管段计数,对于扩大机器视觉的应用、提高生产效率具有重要的理论意义与工程实用价值。

2 视觉检测方案设计

直管段视觉计数方案见图 1。在流水线上,零件经过输送带到达触发器时,机器视觉摄像单元立即打开照明,拍摄塑料直管图像;随即图像数据被传送到处理器,处理器对像素分布和亮度、颜色等信息进行运算,来抽取目标的边缘特征,随后对封闭圆弧进行计数,在显示屏上输出该次计数的结果。

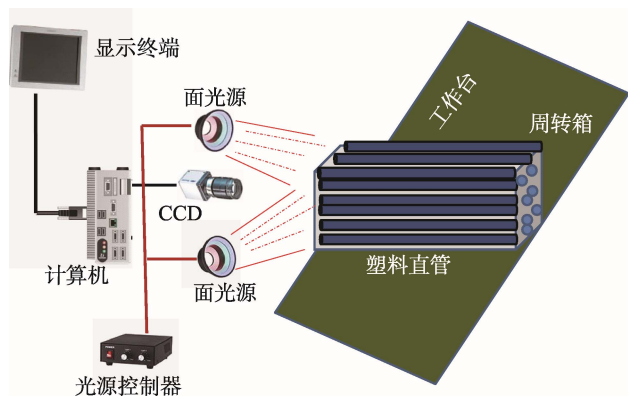


图 1 视觉计数系统组成

Fig.1 Schematic of visual counting system

采用机器视觉对直管段进行计数时,算法对计数精度起着决定作用,因而分析不同算法对计数精度的影响。

3 Harris-Laplace 算法+Hough Transform 的检测算法设计

通过测量管件半径,确定其最大值和最小值的范围,借鉴现有的多种检测圆算法及应用对象的特点,结合管件边界线本身的特点和 thin 算法,利用二值法和检测圆^[12]原理,编辑通过色度差来区分圆个数的控制算法,将图像上的像素点的灰度值设置为 0 或 255;其次研究 RGB 色度学原理,从颜色发光的原理出发设计,根据 R(红)G(绿)B(蓝)等 3 种颜色的混合色度进行加法混合,加法混合的特点就是 3 种颜色越叠加越亮,中间叠加区最亮的为白色,使整个图像呈现出明显的只有黑和白的视觉色差,进而达到统计计数的效果,并使其具备图像识别结果自动存档的功能。另外,借鉴其他算法合理使用增强图像对比度函数 histed、确定阈值的函数 thresh,最后根据管径范围在图像上自动检测圆、描绘圆的函数应用。

图像边缘是图像最基本的特点之一^[13-14],它是指图像的部分性状的不持续性,文中的管段断面圆形检测属于典型的边缘检测问题。为了提高检测精度,将 Harris-Laplace 算法与 Hough Transform 相结合,实现管段端面圆弧的检测。

3.1 Harris-Laplace 算法

Harris 角点检测关于光照强度与旋转角度的改变具有较好的检测不变性,然而却不具备标准不变性及仿射不变性。在事实保存中,2 张图片中指标物体产生尺度变化,或由视点变化而促发仿射变动是经常性的,所以只有引入多尺度空间,在原特征点空间里增加多个其余标准空间的特征点。这些放大的特征点对应于有差异的尺度空间的图像,增加了指标尺度变更的鲁棒性,使其具备了相当水平的尺度不变性。由此,可以得到新的二阶矩阵 $M(x,y)$,可以表示为:

$$M(x,y) = \sigma_D^2 g(\sigma_I) \times \begin{bmatrix} L_x^2(x,\sigma_D) & L_x L_y(x,\sigma_D) \\ L_x L_y(x,\sigma_D) & L_y^2(x,\sigma_D) \end{bmatrix} \quad (1)$$

新的 $M(x,y)$ 与原来相比,增加了 2 个高斯尺度参数,所以最后匹配的尺度参数与实际尺度的误差很小。

根据以上表述的 Harris 算法可知,其虽有旋转不变性,但对尺度变化敏感。Harris-Laplace 算法是结合 Harris 算法和 Laplace 尺度空间,实现了尺度不变性。Harris-Laplace 算法的基本思路很简单,如下所述。

1) 首先预设一组尺度(高斯函数的方差),在每个尺度下进行 Harris 检测。

2) 对当前图像,生成一组不同尺度下的图像集。

3) 对 1) 中找到的每个角点, 在 2) 中相同位置下比较其他邻域的 LOG 相应值, 如果也为局部极大值, 则认为该点为最终角点。通过对应的尺度也可以得到该角点的空间尺度(“半径”)。

综上所述, 结合文中研究所测对象的特征, 可充分参考 Harris-Laplace 算法中对光照强度、旋转角度, 以及尺寸敏感度(相素)的程序特点, 借鉴其部分相关算法来使管件端口部在进行图像识别时更加清晰客观。

3.2 Hough Transform

Hough 变换是图像处理中从图像中辨别几何外形的根本办法之一^[15]。Hough 变换的根本原理在于运用点与线的对偶性, 将原始图像空间给定的曲线经过曲线评释方式变为参数空间的一个点。这样就把原始图像中给定曲线的检测效果转化为寻找参数空间中的峰值问题, 也即把检测全体个性转化为检测部分个性, 比如直线、圆、弧线等。

对于文中研究而言, 可借鉴霍夫变化中对于圆检测的原理依据, 即在相应霍夫变化算法中检测到某一半径的圆时, 能够选择与原图像空间相同的空间作为参数空间, 那么原图像空间中的一个点就对应参数空间中的一个点, 原图像空间中的一个圆就对应参数空间的一个圆。借鉴霍夫检测圆的原理再与现有针对圆形边缘标注的算法相结合, 完成直管段的图像处理与识别。

Harris Laplace 算法相比其他算法而言, 在光照、角度等各种条件下的稳定性较好, 并可通过对图像高斯去噪等方式来充分地提取图像特征点, 使用 rgb2gray 函数对原图片进行去除彩色因素, 得到灰度图。此算法的不足之处在于没有固定的识别圆算法, 完全适用于各个图像, 小至一个不规则图形方案, 大达一个风景观赏图, 即普遍应用性虽高, 但没有针对性。

在检测算法设计时, 利用霍夫变换进行圆形检测, 利用 Harris Laplace 算法将圆识别的数值转换为字符串, 最终通过 text 函数显示字符串, 完成圆识别与检测。实现了在图像处理时形成优势互补, 最终完成直管段的端面识别。

4 视觉检测流程

4.1 图像的预处理

在完整实现直管段智能计数之前, 必须要对管件端口部进行图像采集、图像预处理, 使其减少图片噪声, 增强图片细节, 提高图片质量, 为管件端口部的特征提取提供一系列的后续保证。

当采集图片中包含的噪声达到一定强度时, 会影响后续图像处理工作正常进行, 所以需要对原始图像进行平滑处理, 以改善图像质量, 抑制图像噪声。文中采用

中值滤波实现图像平滑处理, 具体算法可描述如下。

定义任意一维序列 $f_1, f_2 \cdots f_n$, 使用长度为 m 的窗口实现一维序列的中值滤波, 其中 m 为奇数。从所述序列中先后挑选 m 个数, 即: $f_{i-m+1/2} \cdots f_{i-1}, f_i, f_{i+m+1/2}$, 其中 f_i 为窗口中心值。将所挑选的 m 个数值根据大小进行排序, 取处于中间位置的数值作为滤波器输出, 数学表达式为:

$$Y_i = \text{med}\{f_{i-m+1/2} \cdots f_i \cdots f_{i+m+1/2}\} \quad (2)$$

如果要将中值滤波应用到采用苹果电脑处理图像时, 需要使用二维滤波公式, 即:

$$g(x, y) = \text{med}\{f(x-k, y-l) \mid (k, l) \in W\} \quad (3)$$

式中: $f(x, y)$ 为原始图像; $g(x, y)$ 为已处理图像; W 为二维模板。

一般情况下, 可以选用 3×3 或 5×5 的二维区域作为滑动模板。

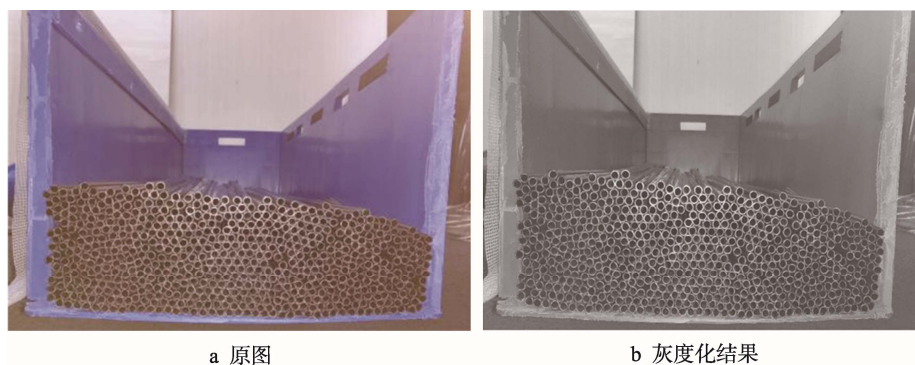
在实际处理过程中, 工业相机所获取图像的内部噪声多表现为椒盐噪声。另外, 考虑到生产线对图像处理的实时性要求, 3×3 的二维区域可以尽量避免处理滞后问题。

4.2 图像灰度化处理

图像的灰度化处理是将彩色图改变灰度频率等级, 从而转换为灰度图。针对图片的特征提取, 无论是灰度图还是彩色图都反映了图像整体或局部的色度和亮度等级的分布及特征。对于彩色图而言, 每个像素的颜色都由 RGB 等 3 个分量决定, 即红色、绿色和蓝色; 每个分量中都有 255 个中值可取。如果从一个彩色图进行图片特征提取, 计算量非常大。灰度图是一种 RGB 等 3 种分量均相同的一副图像, 即每个像素点只有 255 的范围, 所以在对图片进行特征提取时, 先将其转换为灰度图, 这样大幅度地减轻了计算机的工作量。灰度处理后的管段端面图像对比见图 2。

4.3 图像二值化处理

图像的二值化就是将图片的灰度值设置为 0 或 255, 使整个图片完全呈现出黑和白等 2 种单一色调。图像二值化处理是将 256 个亮度等级通过一定的阈值函数进行调节阈值, 增强特征图像与背景颜色的色度差, 使之反映出图像整体或局部的特征二值图像。在实际的图像二值化处理, 大多是基于图像已灰度化处理后的二值处理, 且采用封闭或边界定义不交叠区域, 通过调整像素坐标, 使图像特征区域完全处于识别中心部。在处理时, 通过阈值函数调整参数, 所有灰度大于或等于所设置的阈值数的像素均被判定为特征区域, 灰度值表示为 255; 否则均被判定为背景或其他区域等非特征区域, 灰度值表示为 0。二值化处理后的结果见图 3。



a 原图

b 灰度化结果

图 2 灰度处理结果

Fig.2 Grey processing result of the image

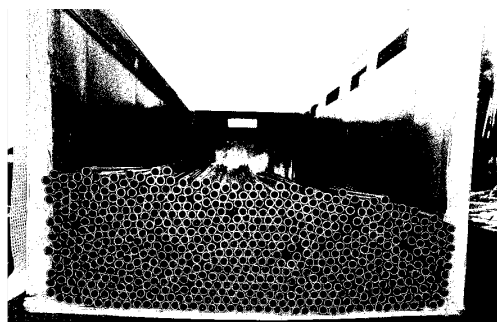


图 3 二值化处理结果

Fig.3 Binary processing result of the image

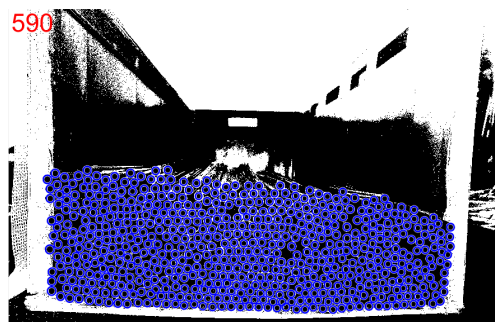


图 5 计数结果

Fig.5 Counting result

4.4 直管段端面边缘检测

对于实现直管段的智能计数,也就是实现图像的圆形检测,将管段半径的最小值设为 20 mm,最大值为 100 mm。在此半径范围内,找到所有明亮的封闭圆和黑色的封闭圆,在明亮封闭圆的边缘用蓝色(代码 b)进行标注,在黑色封闭圆的边缘用虚线进行标注。在此程序中,为使所测图像效果明显,将黑色封闭圆的边缘用亮色标注,见图 4。

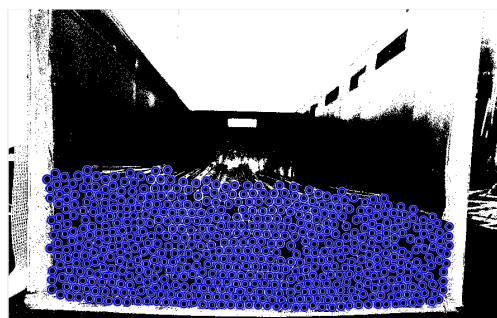


图 4 边缘检测结果

Fig.4 Detecting result of edge

在图像完成圆检测的基础上,通过 num2str 函数将数值转换为字符串,再利用 text 函数将字符串显示出来,完成圆的检测计数功能,并以大小为 34 号的红色字体进行显示,见图 5。

上述分析表明通过机器视觉可以实现直管段的智能计数功能。如需要在工程中进行应用,需要设计合理的结构,以稳定实现计数功能。

5 计数装置设计

5.1 硬件设计

根据检测方案设计的计数装置见图 6。该装置由视觉检测仓、计数料仓、支架和显示终端组成。支架是整个装置的支撑,采用 40 铝型材制成。视觉检测仓内装有面光源,用于提高拍摄质量。三轴平台用于对 CCD 进行调焦。触屏显示器可以显示计数结果,同时控制计数装置。

测试结果表明,当拍摄端面管段的高度差小于 1cm 时不影响拍摄、计数精度,因而料仓一端安装可动挡板,可以根据管段长度进行调节,从而将管段的端面对齐,以提高计数精度。计数料仓另一端为透明玻璃挡板,用于对管件端面进行拍摄。

5.2 软件界面设计

设计的管段视觉计数系统界面见图 7,点击“启动计数”即可完成对管段的拍摄、计数功能。界面上会显示原始图片、算法处理后的图片,用于人工对计数结果进行核实,从而提高计数精度和效率。随机选取一定数量的直管段进行测试,以验证系统的正确性,经过识别,显示终端显示当前数量为 101 根,验证了所设计算法及装置的有效性,见图 7。在测试过程中发现,管件端面不在同一平面会影响计数精度,见图 8。

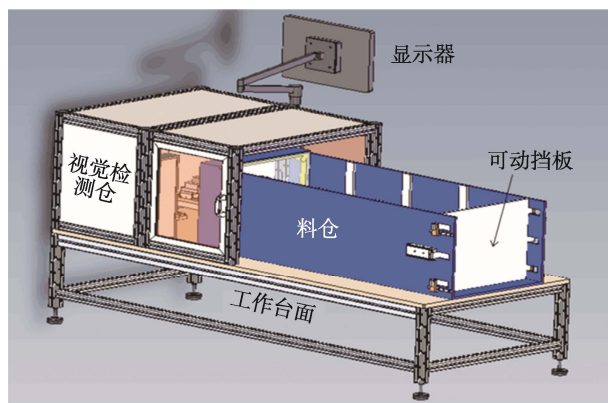


图 6 计数装置设计方案

Fig.6 Schematic of counting equipment

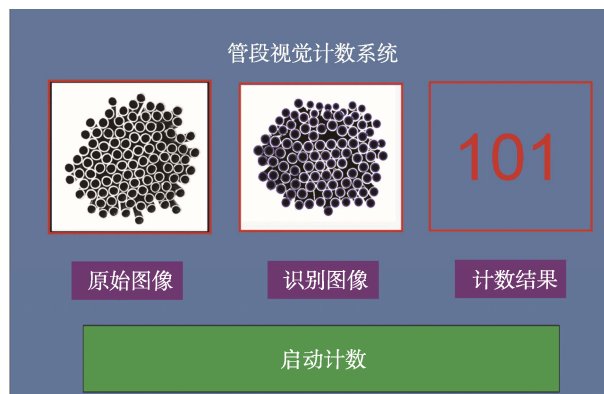


图 7 计数软件界面

Fig.7 Interface of counting software

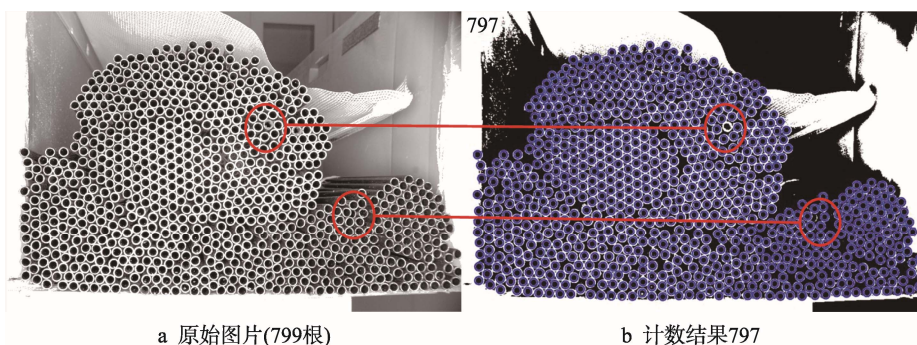


图 8 计数结果

Fig.8 Counting results

从图 8 中可以发现，计数结果与实际数值产生了偏差。通过分析认为原因是其中 2 根管段端面与测量基准面出现了偏差。经测量，该 2 根管段比标准长度少 1 cm，在边缘检测过程中，被其他管段图像遮挡，无法准确识别。由此可见，在保证产品质量的前提下，该系统可以正确地对直管段数量进行正确计数。

6 结语

针对直管段包装过程中人工计数精度差、效率低的问题，利用 CCD 技术采集直管段端面的图片后，通过灰度化、二值化等预处理方法进行采集的图像。将 Harris Laplace 算法与 Hough 变换相结合，对图像处理形成优势互补，实现直管段端面的边缘检测与识别。多次测试结果表明，在保证产品长度一致的前提下，该系统可以正确地对料仓中的直管段进行计数。

参考文献：

[1] 尚艳芬, 侯彩云, 常国华. 基于图像识别的黄粒米自动检测研究[J]. 农业工程学报, 2004(4): 146—148.
SHANG Yan-fen, HOU Cai-yun, CHANG Guo-hua. Automatic Detection of Yellow-colored Rice Using Image Recognition[J]. Transactions of The Chinese

Society of Agricultural Engineering, 2004(4): 146—148.
[2] 何胜美, 李仲来, 何中虎. 基于图像识别的小麦品种分类研究[J]. 中国农业科学, 2005(9): 1869—1875.
HE Sheng-mei, LI Zhong-lai, HE Zhong-hu. Classification of Wheat Cultivar by Digital Image Analysis[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2005(9): 1869—1875.
[3] POURDARBANI R. Precision Agriculture Technology and Image Processing For PostHarvest Applications[J]. Majlesi Journal of Mechatronic Systems, 2012, 1: 3.
[4] 陈洋, 张林. 工业视觉检测系统及应用[J]. 科技展望, 2015, 25(16): 119.
CHEN Yang, ZHANG Lin. Industrial Vision Inspection System and Application[J]. Science and Technology, 2015, 25(16): 119.
[5] 陈尚兵, 袁建, 邢常瑞, 等. 机器视觉检测技术在稻米方面的应用现状[J]. 粮食科技与经济, 2018, 43(5): 50—54.
CHEN Shang-bing, YUAN Jian, XING Chang-rui, et al. Application Status of Machine Vision Detection Technology in Rice[J]. Grain Science and Technology and Economy, 2018, 43(5): 50—54.
[6] 王灿钊, 高琪翔. 基于 PROFINET 的视觉检测技术在自动化系统中的应用[J]. 汽车工艺与材料, 2019(1): 7—10.

- WANG Can-zhao, GAO Qi-xiang. Application of PROFINET-based Vision Inspection Technology in Automatic System[J]. Automobile Technology & Material, 2019(1): 7—10.
- [7] 邱素贞, 李庆年, 卢志翔, 等. 基于机器视觉检测的码垛机器人控制系统设计[J]. 包装工程, 2019, 40(3): 207—211.
- QIU Su-zhen, LI Qing-nian, LU Zhi-xiang. Design of Palletizing Robot Control System Based on Machine Vision Detection[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(3): 207—211.
- [8] 刘超, 陈捷, 洪荣晶, 等. 基于 NI 机器视觉的产品识别与分拣系统[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2018(11): 74—77.
- LIU Chao, CHEN Jie, HONG Rong-jing. Product Identification and Sorting System Based on NI Machine Vision[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2018(11): 74—77.
- [9] 李姿景. 基于机器视觉的药品包装生产线自动检测系统[J]. 包装工程, 2018, 39(17): 165—169.
- LI Zi-jing. Automatic Detection System for Drug Packaging Line Based on Machine Vision[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(17): 165—169.
- [10] 蔡晓军. 基于嵌入式机器视觉的多瓶口缺陷检测系统设计[J]. 包装工程, 2018, 39(23): 164—169.
- CAI Xiao-jun. Design of Detection System for Multiple Bottle Mouth Defects Based on Embedded Machine Vision[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(23): 164—169.
- [11] 胡宏宇, 王景良, 朱龙彪, 等. 基于机器视觉的制袋机裁切定位系统设计[J]. 包装工程, 2019, 40(3): 200—206.
- HU Hong-yu, WANG Jing-liang, ZHU Long-biao, CHEN Feng-ming, FU Qi-tao. Design of Location System for Cutting of Bag Making Machine Based on Machine Vision[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(3): 200—206.
- [12] 陈令刚. 圆形目标识别方法研究[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2018: 18—22.
- CHEN Ling-gang. Research on Circular Target Recognition Method[D]. Huainan: An Hui University of Science and Technology, 2018: 18—22.
- [13] 焦安波, 何森, 罗海波. 一种改进的 HED 网络及其在边缘检测中的应用[J]. 红外技术, 2019, 41(1): 72—77.
- JIAO An-bo, HE Miao, LUO Hai-bo. Research on Significant Edge Detection of Infrared Image Based on Deep Learning[J]. Infrared Technology, 2019, 41(1): 72—77.
- [14] XIE S, TU Z. Holistically-Nested Edge Detection[J]. International Journal of Computer Vision, 2015, 113: 1—16.
- [15] 林迪逵, 吴剑威, 李威, 等. 基于随机 Hough 变换圆检测算法的 MRI 质量控制空间线性度自动检测程序设计[J]. 中国医疗设备, 2018, 33(10): 19—22.
- LIN Di-kui, WU Jian-wei, LI Wei, et al. Design of Intelligent Detection Program for Space Linearity in MRI Quality Control Program Based on Random Hough Transform Circle Detection[J]. China Medical Devices, 2018, 33(10): 19—22.