

DOI:10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2026.02.033

一种基于图像处理的铜板计数方法

徐杰^{1a}, 段晓燕^{1b}, 高新峰², 冯晓峰²

(1. 兰州理工大学 a. 机电工程学院, b. 电气工程与信息工程学院, 甘肃 兰州 730050;

2. 金川集团铜业有限公司, 甘肃 金川 737100)

摘要: 针对铜板计数的问题, 提出一种基于图像处理的铜板计数方法。获取铜板垛侧面图像, 对图像预处理突出特征后, 将铜板图像划分为多兴趣区域, 利用自适应阈值分割增强图像, 形态学处理去除杂点, 轮廓提取计算铜板块数。针对可能存在的局部变形导致的局部图像混叠问题, 采用多区域概率投票得到铜板数量。通过现场试验测试, 多区域划分的铜板计数算法能够准确可靠地获取铜板数目, 证明该算法的有效性。

关键词: 铜板计数; 图像处理; 多区域提取; 区域投票

中图分类号: TP391.41 **文献标志码:** B **文章编号:** 1671-5276(2026)02-0169-06

An Image Processing-based Method for Copper Plate Counting

XU Jie^{1a}, DUAN Xiaoyan^{1b}, GAO Xinfeng², FENG Xiaofeng²

(1. a. College of Mechanical and Electrical Engineering; b. College of Electrical Engineering and Information Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China; 2. Jinchuan Group Copper Co., Ltd., Jinchuan 737100, China)

Abstract: A copper plate counting method based on image processing is proposed for copper plate counting. Side-view images of the copper plate stack are acquired, followed by image preprocessing of feature highlighting. The copper plate image is segmented into multiple regions of interest, enhanced through adaptive threshold segmentation, and noise is eliminated by morphological processing, and contour extracted to calculate the number of copper plate blocks. To address potential issues of local image overlap caused by localized deformations, a multi-region probability voting approach is utilized to determine the quantity of copper plates. Through on-site experimental testing, the copper plate counting algorithm with multi-region division demonstrates accurate and reliable acquisition of the number of copper plates, substantiating the effectiveness of the algorithm.

Keywords: copper plate counting; image processing; multi-region extraction; regional voting

0 引言

铜作为广泛用于现代工业和国防领域的有色金属原材料, 其在新能源乃至制造业产业链中的战略地位愈发突出^[1-2], 且生产量和使用量不断增加^[3-4]。在铜板原材料生产中, 准确计数对于产品流通具有重要意义。当今企业大都采用人工计数, 这不仅误差大^[5], 而且制约生产效率。因此, 设计出高效的铜板自动计数算法具有重要意义。

随着机器视觉和图片检测技术的快速发展, 智能制造对全球制造业进行重新定义^[6], 其中视觉计数被得到广泛应用。米宏维等^[7]利用机器视觉完善了物料自动计数系统, 提高了物料计数的准确度与效率。针对薄片计数的难题, 肖昌炎等^[8]提出直方图均衡化和双高斯 2 阶相结合的算

法, 实现了薄片的精准计数。水产养殖规模大, 精细化已经成为发展趋势, 针对传统计数方法存在精度差等问题, 欧阳汀等^[9]开发了鱼苗智能计数系统。黄德成等^[10]设计了一种基于机器视觉的工件计数系统, 能够满足实时统计和工件种类拓展的要求, 提高了企业工件检测精度。针对螺钉、孔垫片等材料的计数问题, XIAO 等^[11]提出了主计数和差异计数的二次计数方法。成鹏飞等^[12]设计了一种从复杂背景图像中提取目标的双阈值分割算法, 能够有效检测出棒材数量。为实现中药药粒高速计数, 孙凯明等^[13]设计了精度达到 100% 的高速在线药粒视觉计数系统。传统自动计数水稻方法精度不够准确, 因此文献^[14]利用光图像计数水稻并且分离填充和未填充的水稻, 提高了工作流程效率。叶慧雯等^[15]提出基于概率统计算法, 实现考试答题卡的计数。制造业中

第一作者简介: 徐杰(1996—), 男, 甘肃平凉人, 硕士研究生, 研究方向为机器视觉, 3066291242@qq.com。

通信作者简介: 段晓燕(1981—), 女, 甘肃兰州人, 讲师, 本科, 研究方向为机器视觉及电子信息技术, 1906591101@qq.com。

实现自动计数是产品包装系统的关键,KUMARK等^[16]采用最小距离分类器进行目标检测以实现快速计数。针对厚度在0.01~0.05 mm的薄板高精度计数,ZHAO等^[17]提出了全局频域滤波和本地模板结合的方法。此外,机器视觉检测计数在电镀小金属计数^[18]、电池片计数^[19]、药品计数^[20-21]、菌落计数^[22]、农作物计数^[23-25]中也有应用。

机器视觉技术在工业产品生产制造中,得到了广泛应用^[26],可以为铜板计数提供参考。本文提出了一种铜板图像计数方法,通过图像预处理增强特征后,为克服混叠图像导致的计数错误,提高计数精度,采用可多区域概率投票得到铜板数量。通过试验测试,证明了算法的有效性。

1 铜板计数系统总体设计及问题分析

铜板自动计数系统主要由工业相机、光源、计算机和工控机组成。铜板生产包装车间设置一条流水线,当生产线上未打包的铜板到达工业相机拍照的位置时会触发电光开关,相机拍出清晰的图片保存在工控机中。电脑读取保存的图像开始处理并将计数结果显示,总体结构如图1所示。

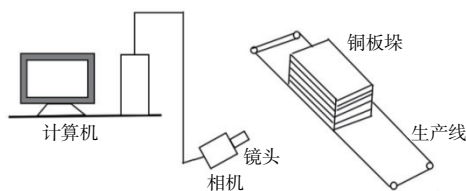


图1 铜板计数系统总体结构图

由于铜板比较长,局部地方存在弯曲变形、不平整、凹陷和焊点等缺陷,这些缺陷会导致部分图像混叠和部分被覆盖,直接影响最终铜板计数的准确度,因此本文采用多区域划分的方法。多区域划分可以将铜板图片分成小区域,独立处理每个区域,对每个区域进行检测,从而最大程度上减小缺陷的干扰,减小计数误差,提高计数的可靠性和准确度。获取的铜板垛侧面图片如图2所示。

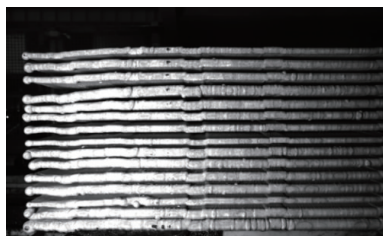


图2 铜板侧面图

2 铜板计数系统算法

2.1 图片预处理

在企业生产铜板的车间中,不可避免地会出现多种因素的噪声污染,这些噪声影响工业相机获取的图片质量,降低图片清晰度,直接影响后期图像处理的结果,所以在开始计数之前的图像预处理至关重要。本文采用双边滤波来处理图片,去除图片中的噪声,如图3(b)。双边滤波通过综合考虑滤波器内图像空域信息和像素灰度值的相似性,平滑高频率的波动信号,在良好保留区域信息的同时去除噪声和对边缘局部信息进行平滑处理,双边滤波的函数公式见式(1)。

$$g(i,j) = \frac{\sum_{k,l} f(k,l) \omega(i,j,k,l)}{\sum_{k,l} \omega(i,j,k,l)} \quad (1)$$

式中: k,l 为领域像素的位置; $\omega(i,j,k,l)$ 为加权系数,取值取决于空域核 d 与值域核 r 滤波器的乘积。

图片在过滤掉噪声之后,仍然有较多的瑕疵,为提高图片的可识别度,系统采用图像增强的方法改善图片显示效果,通过减弱不需要的特征,使图片中的特征区域更加明显。本文采用灰度变换来实现图像的增强。灰度值和阈值进行比较,如果灰度值大于阈值则像素值保持不变,反之置为0,从图3(c)中可以看出,处理后的图像提高了对比度,像素的分布也更为均匀。

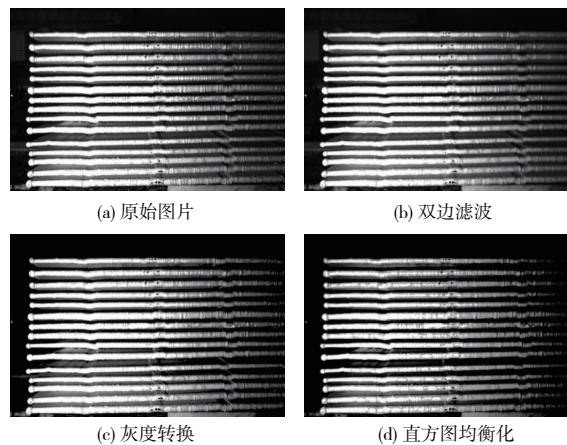


图3 图片预处理

直方图均衡化算法因为在实际运用中因改善图像对比度方面效率较高,所以在图像处理中被广泛使用。通过改变图像的直方图来改变其中各像素的灰度,将原始图像分布不均匀的直方图变换为均衡分布的形式,增加灰度值差别的动态范

围,从而增强图像整体对比度,使图像信息量更大。文中对铜板图像通过均衡化操作后,使亮度不均的铜板图像更具有对比度。图像的变换函数为

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(r) dr \quad (2)$$

式中: r 为初始灰度图像; s 为目标铜板图像。在原始图像中,各铜板之间连接较紧密,特征不明显,经过预处理之后的图片如图3(d)所示,左边较亮但整体亮度趋于均衡,方便后期处理。

2.2 多区域划分

经过预处理的铜板图像,若用整张图像进行后续处理,将显著降低计算效率。为提高效率和准确性,本文采用感兴趣区域提取的方法。定义一个矩形框的起始和终止坐标,从原始图像矩阵中截取出一个子矩阵即ROI。ROI的左侧起始位置在整幅图像中的位置固定,数量增减体现在右侧位置的变化。ROI的左侧起始位置在整幅图像中的位置固定,数量增减体现在右侧位置的变化。本文在黑白特征突出的部分使用固定阈值截取ROI。固定阈值左侧起始位置的列取值为 $A_0 + a_0$,其中 A_0 为答题卡边缘左侧在图像中的实际位置, a_0 为预留常量。本系统中 A_0 为150, a_0 取300。图像划分区域为整幅图像的1/4~5/6区间,为使每个区域能稳定呈现铜板边缘条纹的特征,系统中取4个子区域和1个主区域,如图4所示。

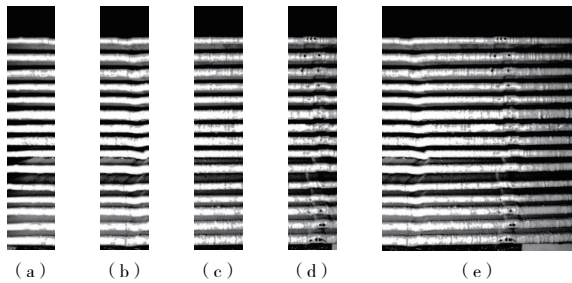


图4 多区域划分

2.3 自适应阈值分割

自适应阈值分割是图像分割中简单常用的一种方法,其原理是根据图像不同区域亮度分布,通过设定一个合理的阈值与灰度图像中的像素点相比较,自适应的确定阈值实现图像的分割。假设原图像为 x ,阈值为 s ,则有

$$y = \begin{cases} 255, & x \geq s \\ 0, & x < s \end{cases} \quad (3)$$

式中: s 为预先设定的阈值; y 为处理之后得到的

图片。

由式(3)可以看出,在计算出每个像素点的阈值之后,如果未处理图像中的某个像素点的灰度值大于阈值 s ,则将其设置为白色,否则将其设置为黑色,从而实现精准的图像分割,使分割后的图像能够较好的将背景和目标区分开来。本文选用自适应阈值分割法,该方法可以提高分割的准确性和鲁棒性,分割后的图像如图5所示,可以看出图片的前景与背景已经被分离。

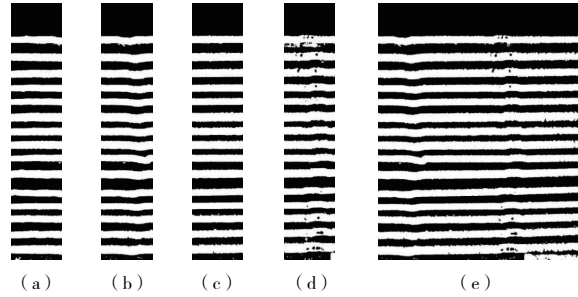


图5 自适应阈值分割

2.4 区域投票计数

经过自适应阈值分割之后,图像上只有0和255的像素值,由于边缘部分灰度值小,计数部分灰度值大,因此边缘区域值为0,铜板计数区域值为255。具体的区域投票计数算法如下:

1) 初始化一个 histIF 用来存储图像,获取图像 histIF 中第 i 行,0 列像素的灰度值,如果该值小于设定值 80,则在原图绘制一条厚度为 2 的黑线覆盖原来像素,去除图片中的多余杂点、凹凸不平、弯曲和异常连接,如图 6 所示;

2) 检测出各区域中全部的矩形轮廓,求出各轮廓的面积;

3) 初始化变量 H_{eage} 与 W_{eage} ,两者分别为外接矩形的长、宽,因为图片中铜板的轮廓比例在一定范围,所以通过比较两值的大小确定轮廓的长与宽;

4) 初始化一个变量 F_{scale} ,代表长宽比,由步骤 3 求出的轮廓长与宽可得出长宽比 F_{scale} ,根据图片性质分别设定长、宽、长宽比的固定值,随之进行轮廓的筛选;

5) 初始化一个变量 F_{num} ,若轮廓符合条件,则 F_{num} 累加,以此类推。若 H_{eage} 小于设定值的 1/2,则对其不计数,若 W_{eage} 的值大于固定值,则将其视为 2 块, F_{num} 累加;

6) 输出计数结果 F_{num} ;

每个区域输出 6 个铜板数量,共获得 $M = 5 \times 6 = 30$ 个铜板数量数据。本文将每个区域输出数

量数据合并为 1 个向量,统计向量中各数值出现的概率为

$$p = \frac{M_i}{M} \quad (4)$$

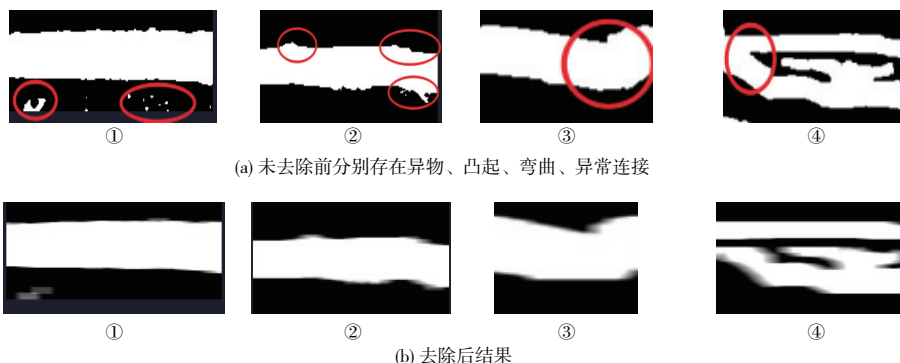


图 6 处理图片异常

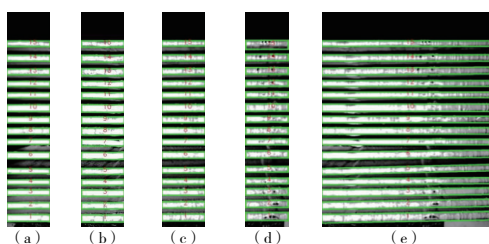


图 7 各区域计数结果

3 实验结果与分析

3.1 实验环境

为验证提出的计数算法的有效性,在铜板自动生产线的计数系统进行测试,如图 8 所示。现场采用的主机为 64 位的 Window 10 工控机,英特尔 i7-8550,1.8 GHz 处理器,8 G 运行内存。图像采集设备为高清 600 万像素的 MV-CS060 工业相机并且搭配 MVL-HF0624M 的海康工业镜头,采集的照片像素为 3072×2048。



图 8 运行平台

3.2 软件设计及结果

计数系统在 OpenCV4 基础上用 C 语言进行计数算法的编写,之后进行封装调用,接着利用

式中 M_i 为铜板数量 i 出现的次数。本文选取概率最大且同时 $p > 0.6$ 对应的铜板数量 M_i 作为计数结果如图 7 所示,否则,将主区域的数量作为结果输出。

C#完成铜板计数系统显示界面设计。当铜板到达计数位置时指示灯 1 亮起,提醒系统开始计数,计数开始时指示灯 2 亮起,图像采集模块开始获取铜板图像,并且将采集到的图片存储到数据库中同时也在系统界面左边显示,随后开始对图片进行处理,调用计数算法进行计数,将计数结果显示到系统界面,指示灯 3 亮起代表计数结束,同时铜板垛离开计数工位,软件计数过程如图 9 所示。计数界面显示结果如图 10 所示。

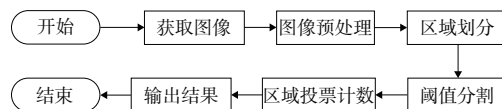


图 9 铜板计数系统流程图

该铜板计数系统计数准确,整包铜板实际为 15 片,计数结果显示 15。根据某公司提出计数准确率要达到 99% 以上,且计数效率不低于每天 150 包的实际生产需求,在此条件下,在现场进行系统性的测试,每组总数相近且进行一周的现场运行试验,结果显示平均计数准确率达到 100%,每次计数时间平均为 2.4 s,表现出良好的稳定性且满足实际生产需求,测试结果如表 1 所示。

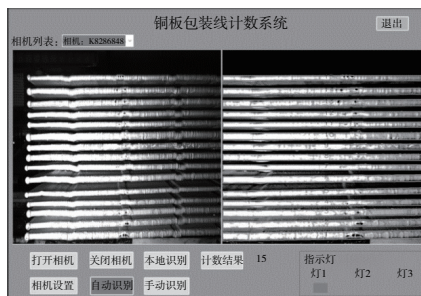


图 10 计数系统工作界面

表1 现场记录结果

时间	包数/包	区域1 准确率/%	区域2 准确率/%	区域3 准确率/%	区域4 准确率/%	主区域 准确率/%	投票 准确率/%	计数 时间/s
第1天	178	100	100	100	100	100	100	436.1
第2天	179	100	100	100	99.44	100	100	440.3
第3天	185	100	100	100	100	100	100	466.2
第4天	176	100	100	100	100	100	100	430.2
第5天	172	100	100	99.42	100	100	100	417.4
第6天	194	99.48	100	100	100	100	100	481.1
第7天	191	100	100	100	100	100	100	469.9

4 结语

本文针对铜板传统人工计数烦琐的问题,设计了基于机器视觉的计数系统以及对应的区域投票计数算法。通过对图像预处理来增强图像对比度,滤波处理、自适应阈值分割等方法提高区域投票计数结果的准确性。在区域投票计数时,通过设置固定值的方式,来判断是否输出结果,进一步保证计数结果的准确性。实验结果表明,本文算法在计数时,准确率高、使用方便,能够极大地提高铜板计数的效率,满足企业实际的应用要求。另外此系统对缺陷过多的铜板准确率较低,下一步考虑划分更多的区域来处理过度弯曲和重合的铜板计数问题。

参考文献:

- [1] 李长鸣,邹存磊,金汉,等. Cu-Ni-Si 系引线框架铜合金的发展与展望[J]. 材料研究与应用,2025,19(2): 239-248.
- [2] YANG F, WU Y F, ZHANG Q J. Towards resource regeneration:a focus on copper recovery from electronic waste [J]. Journal of Cleaner Production, 2024, 484:144286.
- [3] PAZ-GÓMEZ D C, PÉREZ-MORENO S M, RUIZ-ORIA I, et al. Characterization of two sludges from a pyrometallurgical copper smelting complex for designing a Se and Pb recovery proposal[J]. Waste and Biomass Valorization,2021,12(5):2739-2755.
- [4] 王林松,高志勇,杨越,等. 铜渣综合回收利用研究进展[J]. 化工进展,2021,40(10):5237-5250.
- [5] 祝天培. 基于机器视觉的板材计数技术研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2021.
- [6] 郭宇,龙智新. 智能制造前沿技术概述[J]. 机械制造与自动化,2025,54(3):1-12.
- [7] 米宏维,赵洋. 基于机器视觉的物料自动计数系统:数据集构建与计数统计方法剖析[J]. 世界有色金属,2025(10):39-41.
- [8] 肖昌炎,邱华林,赵宏,等. 低对比度叠层薄片的机器视觉计数测量方法[J]. 湖南大学学报(自然科学版),2018,45(4):122-128.
- [9] 欧阳汀,邬兰斯,薛宇宁. 基于机器视觉的鱼苗智能计数系统开发与应用效果[J]. 海洋与渔业,2025(5):58-60.
- [10] 黄德成,任德均. 基于机器视觉的工件计数系统设计[J]. 现代信息科技,2023,7(16):171-175.
- [11] XIAO S H, QIAO M J, WANG Z Y, et al. Research and application of uniform material counting method based on machine vision[J]. Optoelectronics Letters, 2023, 19(2):123-128.
- [12] 成鹏飞,杨帆,言立强,等. 基于机器视觉的钢棒自动计数系统[J]. 冶金自动化,2008,32(1):22-26.
- [13] 孙凯明,郝明,王刚. 基于机器视觉的高速在线药粒计数系统程序的设计[J]. 黑龙江科学,2023,14(18):77-79,82.
- [14] HOSEINGHOLIZADEH-ALASHTI M, KALANTARI D. Development of machine vision - based algorithm for counting and discriminating filled and unfilled paddy rice in overlapping mode [J]. Rice Science, 2024, 31(5):503-514.
- [15] 叶慧雯,郭新年,季陈,等. 基于机器视觉的答题卡计数系统[J]. 南京理工大学学报,2020,44(5):608-613.
- [16] KUMARK, KUMARP, KSHIRSAGARV, et al. A real-time object counting and collecting device for industrial automation process using machine vision [J]. IEEE Sensors Journal,2023,23(12):13052-13059.
- [17] ZHAO H, DAI R, XIAO C Y. A machine vision system for stacked substrates counting with a robust stripe detection algorithm[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2019, 49(11):2352-2361.

- 收稿日期:2024-01-12

收稿日期:2024-05-20