

包装物料形状特征提取和识别方法

李蓉娟

(内蒙古机电职业技术学院, 呼和浩特 010070)

摘要: **目的** 为了提高包装过程物料抓取成功率, 采用机器视觉设计一种物料识别和定位方法。**方法** 以串联机械手臂为载体搭建一种基于机器视觉的物料识别、定位、抓取平台, 包括物料传送模块、图像采集模块、视觉分拣模块、机器人控制模块和抓取模块等。重点论述相关图像处理算法, 包括基于双边滤波的图像预处理方法, 基于 Canny 算子的图像边缘检测, 图像特征提取和质心定位等。最后进行实验研究。**结果** 实验结果表明, 码垛机器人的物料形状正确识别率可以达到 99.25%, 抓取成功率能够达到 99.5%。**结论** 所述物料形状识别和抓取定位方法可有效解决图像特征提取、定位等问题, 具有识别率高、抓取准确等特点, 能够满足包装搬运要求。

关键词: 机器视觉; 边缘提取; 特征识别; 质心定位; 物料分拣

中图分类号: TP241 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)05-0209-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.05.030

Method of Shape Feature Extraction and Recognition of Packaging Materials

LI Rong-juan

(Inner Mongolia Technical College of Mechanics & Electrics, Hohhot 010070, China)

ABSTRACT: The work aims to design a method of material recognition and positioning based on machine vision, in order to improve the success rate of material grasping in the packaging process. A material recognition, positioning and grasping platform based on machine vision was built with the series manipulator arm as a carrier, including material transfer module, image acquisition module, visual sorting module, robot control module and grasping module. The related image processing algorithms were emphasized, including image prepossessing method based on bilateral filtering, Canny operator based image edge detection, image feature extraction and centroid location. Finally, an experimental study was carried out. The experimental results showed that, the correct recognition rate of material shape of the palletizing robot could reach 99.25% and the success rate of grasping could reach 99.5%. The method of shape recognition and grasping and positioning of materials can effectively solve the problems of image feature extraction and positioning, and has the characteristics of high recognition rate and accurate grasping, which can meet the requirements of packaging and handling.

KEY WORDS: machine vision; edge extraction; feature recognition; centroid positioning; material sorting

在工业生产过程中, 机器视觉的应用越来越广泛。所谓机器视觉是指利用相机模拟人眼完成对客观事物的观察和判断, 机器视觉的应用能够大幅度提高生产效率、生产智能化程度^[1-5]。物料或工件分拣是

包装过程的重要环节, 对传统生产线来说, 分拣主要依靠人工, 无法满足长时间作业^[6-7]。即使采用工业机器人代替人工进行分拣, 依然存在一系列问题, 例如: 示教或离线编程的方法要求摆放位置和动作提前

收稿日期: 2019-08-21

作者简介: 李蓉娟 (1983—), 女, 硕士, 内蒙古机电职业技术学院讲师, 主要研究方向为自动控制、电气自动化。

设定,如果工作环境发生变化,非常容易造成抓取误差^[7-10]。参考当前我国市场需求以及相关技术研究状况,在工业生产过程中引入机器视觉技术不仅能够提高产品质量,而且确保了工业生产效率,具有十分重要的意义^[11-12]。当前,基于机器视觉的图像处理算法已经逐渐发展到实际应用阶段,相关学者对机器视觉的研究也比较多。刘超等^[13]基于 NI 机器视觉设计了一种产品识别和分拣系统,可用于分拣不同形状的工件。付瑞玲等^[14]利用并联机器人结合机器视觉设计了一种包装分拣控制系统,可以解决包装效率低、分拣精度不够等问题。倪鹤鹏等^[15]基于机器视觉提出了一种牛顿-拉夫森迭代的动态抓取算法,可用于提高分拣效率;该算法具有较高的准确性和稳定性。文中在现有研究的基础上,基于机器视觉设计一种物料识别和定位方法,重点讨论图像处理算法,通过实验验证了所述方法的可行性。

1 物料识别检测系统

以新松公司生产的工业机器人为机械载体,搭建了一种基于机器视觉的物料识别、定位、抓取平台,其组成见图 1。平台主要包括物料传送模块、图像采集模块、视觉分拣模块、机器人控制模块以及抓取模块等。物料传送模块包括传送带、物料、物料摆放台;为避免同物料颜色相近,传送带颜色一般为黑色。图像采集模块包括光源、工业相机以及摄像机支架;工业相机支持千兆以太网,主要用于获取工作区域内物料图像;光源为工作区域提供照明,文中采用白色 LED 面光源,将其安装在工作区域上方。视觉分拣模块主要包括 PC 机和图像处理软件;该模块可实现物料图像处理,不仅能够区分物料形状而且可以计算出物料质心坐标。将图像坐标转换为空间坐标就可以

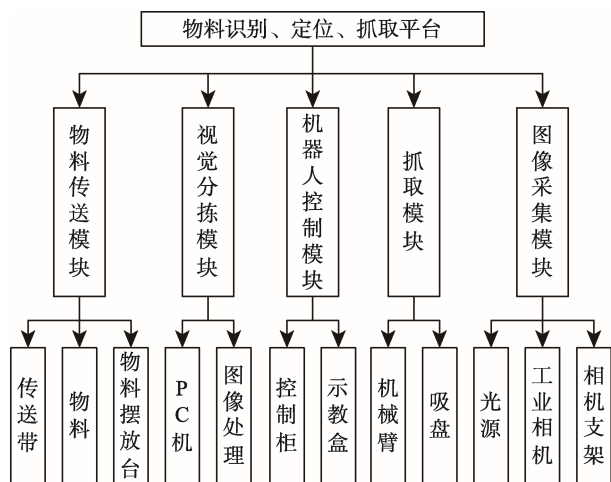


图 1 基于机器视觉的物料识别、定位、抓取平台组成
Fig.1 Composition of material recognition, positioning and grasping platform based on machine vision

计算出物料实际位置。机器人控制模块主要包括控制柜和示教盒;其中控制柜接收 PC 机端指令,分析控制指令并驱动机器人实现相应动作;示教盒可实现机器人位置、路径等参数初始化。抓取模块由机械臂和吸盘组成。

文中重点讨论如何获取物料质心坐标,为简化分析过程,默认物料质地均匀且只研究圆形、三角形、矩形类物料。

2 图像识别算法

为了实现物料图像采集、识别和定位,图像处理流程见图 2。操作步骤可简要描述为:通过工业相机获取物料原始图像;对原始图像进行预处理;图像边缘检测;图像特征提取以及质心定位^[16]。

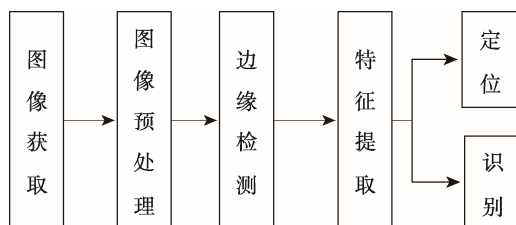


图 2 图像处理流程

Fig.2 Image processing process

2.1 图像预处理

数字图像在采集与传输等环节比较容易受到干扰,因此所获取的数字图像中往往存在一些无关信息,影响图像识别结果。通常情况下,图像滤波是消除噪声的有效手段。为了获取物料的边缘信息,不仅要完成滤波,还要保存物料图像的边缘信息,因此可选用双边滤波器。

双边滤波器包括区域滤波器和值域滤波器。区域滤波器可用于表示内核窗口中各像素点与中心点之间的距离。值域滤波器可用于表示内核窗口中各点像素值与中心点像素值之间的相似度。距离中心点越近、与中心点灰度差值越小,权值就越大。经双边滤波处理后,图像像素点的像素值可表示为:

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

式中: $f(k, l)$ 为图像在点 (k, l) 处的像素值; $w(i, j, k, l)$ 为加权系数。定义域核为 $d(i, j, k, l)$; 域值核为 $r(i, j, k, l)$, 具体可表示为:

$$d(i, j, k, l) = \exp \left(-\frac{(i-k)^2 + (j-l)^2}{2\sigma_d^2} \right) \quad (2)$$

$$r(i, j, k, l) = \exp \left(-\frac{\|f(i, j) - f(k, l)\|^2}{2\sigma_r^2} \right) \quad (3)$$

式中： $f(i,j)$ 为图像在点 (i,j) 处的像素值； (k,l) 为中心坐标； (i,j) 为中心点以外的坐标； σ_d 为域核高斯函数标准差； σ_r 为域值核高斯函数标准差。定义域核和值域核相乘后，便可生成依赖于数据的双边滤波权重函数，即：

$$\omega(i,j,k,l) = \exp \left(-\frac{(i-k)^2 + (j-l)^2}{2\sigma_d^2} - \frac{\|f(i,j) - f(k,l)\|^2}{2\sigma_r^2} \right) \quad (4)$$

2.2 边缘提取

图像边缘往往对应图像局部像素值变化比较突出的地方。常用的边缘检测方法包括 Canny 算子、Prewitt 算子、Sobel 算子等，综合考虑文中选用 Canny 算子。定义二值图像的函数为 $f_s(x,y)$ ，其梯度可以使用 2×2 一阶有限差分近似式表示，即：

$$\begin{cases} P[i,j] \approx (f_s[i,j+1] - f_s[i,j] + f_s[i+1,j+1] - f_s[i+1,j])/2 \\ Q[i,j] \approx (f_s[i,j] - f_s[i+1,j] + f_s[i,j+1] - f_s[i+1,j+1])/2 \end{cases} \quad (5)$$

在式 (5) 的基础上，可通过直角坐标到极坐标的转化来计算幅值和方向角，即：

$$\begin{cases} M[i,j] = \sqrt{P(i,j)^2 + Q(i,j)^2} \\ \theta[i,j] = \arctan(Q[i,j]/P[i,j]) \end{cases} \quad (6)$$

式中： $M[i,j]$ 为图像边缘强度； $\theta[i,j]$ 为边缘方向。能够使 $M[i,j]$ 获取局部最大值的方向角 $\theta[i,j]$ 就代表边缘方向。对梯度幅值进行非极大值抑制，提取梯度方向上梯度最大的像素，即：

$$\begin{cases} \xi[i,j] = \text{Sector}(\theta[i,j]) \\ N[i,j] = \text{NMS}(M[i,j], \xi[i,j]) \end{cases} \quad (7)$$

式中： $\xi[i,j]$ 为对梯度方向的标定； $N(i,j)$ 为非极大值抑制结果。参照方向角 $\theta[i,j]$ 的大小平均划分 4 个范围，分别标记为 0,1,2,3。对每种情况进行各自方向上的非极大值抑制，如果在该方向上的邻近像素有比它的梯度幅值大的，则将该像素标定为 0。然后用双阈值算法检测和连接边缘。

双阈值计算公式为： $\tau_2 = 2\tau_1$ ，其中 τ_2 用于确定边缘； τ_1 用于检测边缘断线。如果某点梯度值大于 τ_2 ，则说明该点位于边缘处；如果某点梯度值小于 τ_1 ，则表明该点位于边缘之外；如果位于 τ_2 和 τ_1 之间，则需要继续考察其邻近像素点，如果其邻近像素点大于高阈值那么可认为该点位于边缘处，否则位于边缘之外。

2.3 识别定位

在提取到二值图像的轮廓后，可以计算每个轮廓的面积 S 。根据实际工况中分拣物料的大小设置轮廓

面积阈值为 $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ ，对不同的工件进行识别，即：如果 $T_1 < S < T_2$ ，则为三角形物料；如果 $T_3 < S < T_4$ ，则为圆形物料；如果 $T_5 < S < T_6$ ，则为矩形物料。识别定位流程如下所述。

1) 获得不同工件的轮廓后，求取各个工件轮廓中心的像素坐标作为工件图像的定位坐标。

2) 用最小圆包络实现圆形物料的识别；用最小多边形包络实现三角形物料识别；用最小矩形包络实现矩形物料识别。

3) 将中心坐标绘制在原图像中进行观察。

4) 通过图像坐标获取工件实际位置进行定位，从而确定机器人抓取位置。

3 图像识别结果

为了验证所述图像识别方法的可行性和有效性，以圆形物料、三角形物料和矩形物料为研究对象，各个工件的摆放位置和角度是随意的。对采集的物料图像进行双边滤波、轮廓提取、轮廓面积判断、提取轮廓的中心、绘制轮廓及中心点等步骤的处理，得到图像处理结果，见图 3。整个过程耗时较短，仅仅需要 0.26 s。

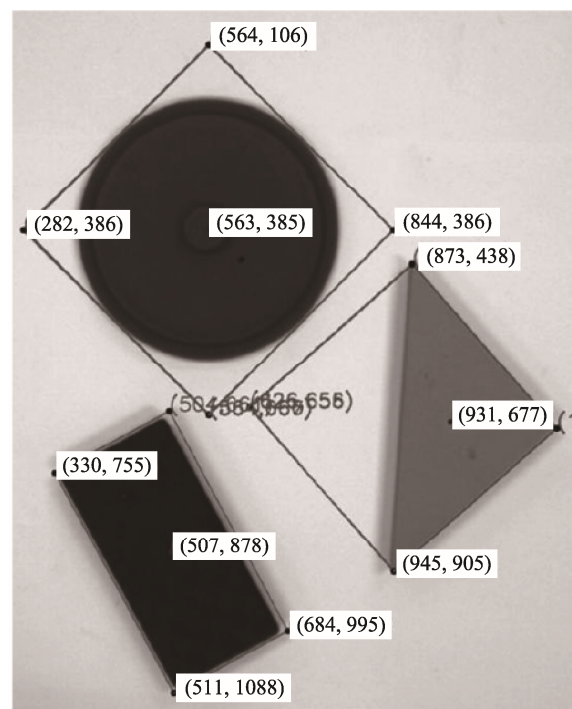


图 3 图像处理结果

Fig.3 Image processing result

从图 3 中可以看出，所述方法能够准确获取各物料中心位置，即圆形物料中心点像素值为 (563, 385)；三角形物料中心点像素值为 (931, 677)；矩形物料中心点像素值为 (507, 878)。根据标定结果可以进一步确定物料实际位置。

4 实验验证

如上所述,图像特征提取和识别算法能够准确地获取到物料的中心。那么根据所计算的物料实际位置,机器人控制吸盘机械手进行精准的码垛作业,顺利实现物体分类码放。实验过程中选用纸箱、奶盒、木块等纹理比较清楚的物料进行分拣码垛实验。码垛速度设定为 120 个/min,实验样本数目总共 3000 个。物料形状正确识别率可以达到 99.25%,抓取成功率能够达到 99.5%。实验结果表明,文中所述方法识别率较高、抓取成功率同样较高,能够满足包装等行业要求。实验效果见图 4。



图 4 实验效果
Fig.4 Experimental effects

5 结语

文中以包装过程物料识别和定位为研究对象,提出了一种包装物料形状特征提取和识别方法。结合机器视觉着重探讨了图像处理方法,可以较好地实现图像噪声去除、边缘提取、识别定位等功能。以实际工业机器人为载体进行了实验研究。结果表明,所述方法识别率和抓取率均较高,可满足包装等操作要求,具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 王保升,汪木兰. 基于货单的多品种产品自动分拣系统[J]. 包装工程, 2010, 31(19): 109—112.
WANG Bao-sheng, WANG Mu-lan. Automatic Sorting System for Multi-variety Product Based on Manifest[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(19): 109—112
- [2] 施银中,陆明刚,曲燕,等. 基于 LabVIEW 的视觉检测控制系统研究[J]. 现代制造工程, 2014(9): 109—112.
SHI Yin-zhong, LU Ming-gang, QU Yan, et al. The Research of Vision Inspection Control System Based on LabVIEW[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2014(9): 109—112.
- [3] 王田苗,陶永. 我国工业机器人技术现状与产业化发展战略[J]. 机械工程学报, 2014, 50(9): 1—13.
WANG Tian-miao, TAO Yong. Research Status and Industrialization Development Strategy of Chinese Industrial Robot[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2014, 50(9): 1—13.
- [4] 王耀南,陈铁健. 智能制造装备视觉检测控制方法综述[J]. 控制理论与应用, 2015, 32(3): 273—286.
WANG Yao-nan, CHEN Tie-jian. Control Methods of Intelligent Manufacturing Equipment Visual Inspection[J]. Control Theory & Applications, 2015, 32(3): 273—286.
- [5] 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, et al. Design of Palletizing Robot Control System Based on Machine Vision Detection[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(3): 207—211.
- [6] 吴安成,何卫锋,欧阳祥波. 基于 OpenCV 的码垛机器人视觉标定方法[J]. 制造技术与机床, 2018(6): 45—49.
WU An-cheng, HE Wei-feng, OUYANG Xiang-bo. A Method of Hand-eye Calibration for Palletizing Robot Based on OpenCV[J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2018(6): 45—49.
- [7] 刘高生,马小三,王培珍. 基于改进的中值滤波和数学形态学的图像边缘检测[J]. 计算机与现代化, 2011(8): 57—63.
LIU Gao-sheng, MA Xiao-san, WANG Pei-zhen. A New Edge Detection Algorithm Based on Improved Median Filter and Mathematical Morphology[J]. Computer and Modernization, 2011(8): 57—63.
- [8] 焦恩璋,杜荣. 工业机器人分拣技术的实现[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2010(2): 84—87.
JIAO En-zhang, DU Rong. Realization of Sorting Technology on Industrial Robot[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2010(2): 84—87.
- [9] 康瑞芳,刘鑫. 包装码垛机器人嵌入式控制系统设计[J]. 包装工程, 2017, 38(23): 132—135.
KANG Rui-fang, LIU Xin. Embedded Control System Design of Packaging Palletizing Robot[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(23): 132—135.
- [10] 张文昌. Delta 高速并联机器人视觉控制技术及视觉标定技术研究[D]. 天津: 天津大学, 2012: 16—22.
ZHANG Wen-chang. Control Technique and Kinematic Calibration of Delta Robot Based on Computer Vi-

- sion[D]. Tianjin: Tianjin University, 2012: 16—22.
- [11] 刘振宇, 李中生, 赵雪, 等. 基于机器视觉的工业机器人分拣技术研究[J]. 制造业自动化, 2013, 35(9): 25—30.
LIU Zhen-yu, LI Zhong-sheng, ZHAO Xue, et al. Research of Sorting Technology Based on Industrial Robot of Machine Vision[J]. Manufacturing Automation, 2013, 35(9): 25—30.
- [12] 刘振宇, 李中生, 张涛, 等. 基于机器视觉的码垛机器人系统研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2014(4): 9—14.
LIU Zhen-yu, LI Zhong-sheng, ZHANG Tao, et al. Research of Palletizing Technology Based on Industrial Robot of Machine Vision[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2014(4): 9—14.
- [13] 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, et al. Product Identification and Sorting System Based on NI Machine Vision[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2018(11): 74—77.
- [14] 付瑞玲, 禹春来, 范甜甜. 基于并联机器人的包装分拣系统设计[J]. 包装工程, 2018, 39(11): 204—208.
FU Rui-ling, YU Chun-lai, FAN Tian-tian. Design of Packaging and Sorting System Based on Parallel Robot[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(11): 204—208.
- [15] 倪鹤鹏, 刘亚男, 张承瑞, 等. 基于机器视觉的 Delta 机器人分拣系统算法[J]. 机器人, 2016, 38(1): 49—55.
NI He-peng, LIU Ya-nan, ZHANG Cheng-rui, et al. Sorting System Algorithms Based on Machine Vision for Delta Robot[J]. Robot, 2016, 38(1): 49—55.
- [16] 陈恳. 基于机器视觉的物料分拣工业机器人关键技术研究[D]. 深圳: 深圳大学, 2017: 29—35.
CHEN Ken. Research on Key Technology of Material Sorting Industrial Robot Based on Machine Vision[D]. Shenzhen: Shenzhen University, 2017: 29—35.