

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2020.04.011

# 基于颜色特征的筒纱分拣机器人识别定位方法

任慧娟<sup>1</sup>, 金守峰<sup>2</sup>, 顾金芋<sup>2</sup>

(1. 西安工程大学 计算机科学学院, 陕西 西安 710048; 2. 西安工程大学 机电工程学院, 陕西 西安 710048)

**摘要:**针对筒纱分拣机器人作业目标的表面纹理复杂、位置随机摆放等干扰因素的问题,课题组提出了基于颜色特征的筒纱识别定位方法。构建了具有视觉感知的4自由度 DOBOT 筒纱分拣机器人系统,通过视觉系统获取筒纱多目标的图像,采用对图像进行预处理的算法来提高分拣目标的对比度;将作业目标由 RGB 空间转换到 HSV 颜色空间,提取各分量的颜色特征,采用区域生长法对不同颜色的多目标区域进行提取;建立基于图像信息的形心坐标,对各目标区域的连通域进行定位。实验结果表明:该方法能够实现对不同颜色的作业目标的识别与定位,并在分拣机器人的手眼标定的基础上,实现了对不同颜色的作业目标进行分拣。

**关键词:**分拣机器人;筒纱;颜色特征;颜色空间;区域生长法

中图分类号:TP242.62;TH138 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2020)04-0058-06

## Identification and Positioning Method of Cheese Sorting Robot Based on Color Feature

REN Huijuan<sup>1</sup>, JIN Shoufeng<sup>2</sup>, GU Jinyu<sup>2</sup>

(1. School of Computer Science, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China;

2. School of Mechanical & Electrical Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of complex surface textures and random placement of the targets in the cheese sorting robot, research group proposed a cheese recognition and positioning method based on color features. A four degrees of freedom DOBOT cheese sorting robot system with visual perception was constructed. The cheese multi-target images were obtained through the visual system, and the image was preprocessed to improve the contrast of the sorted targets. The job target was converted from RGB space to HSV color space, the color characteristics of each component were extracted, and multi-target regions of different colors were extracted by using the region growing method. The centroid coordinates based on image information were established to locate the connected domains of each target area. The experimental results show that the method can realize the identification and positioning of the work targets of different colors, and based on the hand-eye calibration of the sorting robot, it can sort the work targets of different colors.

**Keywords:** sorting robot; cheese; color characteristics; color space; region growing method

筒纱作为纺纱工艺的一个终端产品,应用广泛,筒纱在转运、上下纱架及包装时均需要人工来完成,劳动强度大、效率低<sup>[1]</sup>。近年来,劳动力成本逐渐上涨,在纺织产业转型升级的大背景下,为降低劳动成本,机器换人已是纺织行业的发展趋势<sup>[2]</sup>。李鹏飞等<sup>[3]</sup>利用

具有视觉感知的机器人,通过构造 RBF 神经网络的颜色分类器将不同颜色织物进行分类,采用遍历中心扩散法求得机器人抓取织物的抓取点,实现了对纯色织物的自主分拣。S Hata 等<sup>[4]</sup>通过视觉识别定位毛巾,以 6 自由度机器人完成了毛巾的抓取与折叠。J

收稿日期:2020-03-08;修回日期:2020-04-12

基金项目:国家自然科学基金(61701384);中国纺织工业联合会科技项目(2016091);中国纺织工业联合会科技项目(2019064);西安市科技计划项目(201805030YD8CG14-16);西安市科技计划项目(201805030YD8CG14-5)。

第一作者简介:任慧娟(1975),女,陕西西安人,工程师,硕士研究生,主要研究方向为工业设计工程。通信作者:金守峰(1979),男,辽宁北镇人,博士,副教授,主要研究方向为机器人视觉控制。E-mail:jdxysf@126.com

Maitin-Shepard 等<sup>[5]</sup>将机器视觉技术与机器人技术相结合开发了实现毛巾的识别、定位与抓取折叠的机器人系统。王燕玲等<sup>[6]</sup>在动态环境背景中采用基于 HSV 空间变换的背景更新算法,提高了目标运动过程中的检测精度。李明等<sup>[7]</sup>采用 GAN 和 Faster R-CNN 算法对色织物缺陷进行检测,并获取了缺陷位置和类别。郑晶怡等<sup>[8]</sup>建立形状先验模型分割图像中的多工件目标,借助工件的点云数据信息获取工件目标的姿态,实现了复杂工业现场环境下的工件抓取。陈孝之等<sup>[9]</sup>通过建立色度特征数据库,支持向量机与色卡图像数据的配准模型实现了对织物颜色的自动配准。赵民等<sup>[10]</sup>将石材表面颜色在 HSV 颜色空间模型中提取 3 个特征值,并对其进行矢量化计算,实现了对石材表面色差的高效率识别与量化。张平改等<sup>[11]</sup>通过建立火焰自适应颜色识别模型,采用人类学习优化算法快速求解出火焰图像最佳分割阈值,精准识别炉膛火焰燃烧状况。尤波等<sup>[12]</sup>在搭建具有视觉识别功能的 SCARA 机器人识别定位系统平台,实现插件工件的颜色识别和定位,并进行有效抓取。

课题组针对筒纱表面纹理复杂、位置随机等干扰,根据筒纱染色后颜色的不同,提出了基于颜色特征的筒纱识别分拣方法,通过传送装置与机器人构建了输送与分拣平台,以机器视觉获取筒纱图像,提取颜色特征进行识别与定位,在手眼标定后实现了对不同颜色筒纱的分拣。

## 1 机器人分拣筒纱系统

### 1.1 分拣机器人架构

机器人分拣筒纱的硬件架构如图 1 所示,该分拣系统主要有筒纱图像获取的机器视觉装置、分拣机器人本体构成。机器视觉装置由分辨率为 2 048 dpi × 1 536 dpi 的 JHSM300 相机、16 mm 镜头及光源照度为 40 000 Lux 的 LED 白色环形光等构成。筒纱分拣机器人为 4 自由度 DOBOT 机器人,执行机构为气动吸盘或气动手抓,可以根据不同的目标进行更换,多次往复位置精度为 0.2 mm。计算机为上位机对采集的作业目标图像进行处理。

### 1.2 分拣机器人的手眼标定

图 1 中分拣机器人的手眼安装为 Eye\_to\_Hand 方式手眼系统,相机安装在支架上,机器人与支架的位置固定。通过建立分拣机器人的基坐标系、机器人末端执行器的坐标系、相机坐标系与图像坐标系之间的转换关系<sup>[13-15]</sup>,将相机所获取的筒纱图像坐标转换为筒纱分拣机器人坐标,从而引导机器人完成分拣筒纱。

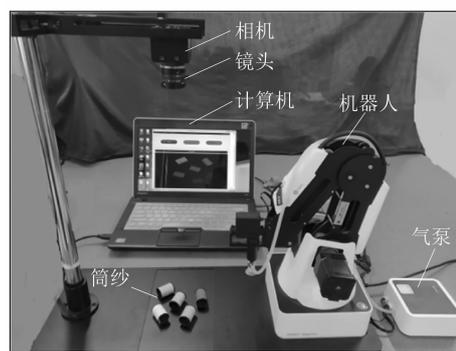


图 1 筒纱分拣机器人

Figure 1 Cheese sorting robot

课题组选用的标定板如图 2 所示。

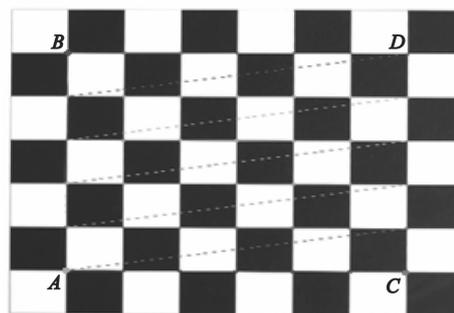


图 2 标定板

Figure 2 Calibration plate

手眼标定过程:

1) 将标定板放置在镜头下,在获取图像后,将图像中靠近 A, B, C 的 3 点作为标定定。

2) 分别获取 3 点在图像中的坐标,  $A(613, 1 188, 1)$ ,  $B(1 652, 1 179, 1)$ ,  $C(609, 325, 1)$ 。

3) 将机器人归零,手动移动机器人末端,让机器人分别触碰 A, B, C 获取相应机器人坐标  $(205. 400, 48. 210, 10. 000)$ ,  $(279. 295, 51. 008, 10. 000)$ ,  $(208. 499, -41. 773, 10. 000)$ 。

4) 用  $x_{a1}, x_{a2}, x_{a3}$  表示抓取筒纱的机器人末端坐标系的横坐标,  $y, z$  同理;用  $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}$  表示图像坐标系的横坐标,  $y, z$  同理。

5) 用  $P_a, P_i$  分别表示抓取筒纱的机器人末端坐标点的集合和图像坐标系中末端坐标点的集合。

6) 通过平移矩阵  $T$  与旋转矩阵  $R$  计算转换关系,其转换表达式为

$$P_a = R \cdot P_i + T; \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} x_{a1} & x_{a2} & x_{a3} \\ y_{a1} & y_{a2} & y_{a3} \\ z_{a1} & z_{a2} & z_{a3} \end{bmatrix} = R \cdot \begin{bmatrix} x_{i1} & x_{i2} & x_{i3} \\ y_{i1} & y_{i2} & y_{i3} \\ z_{i1} & z_{i2} & z_{i3} \end{bmatrix} + T; \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} x_{a1} & x_{a2} & x_{a3} \\ y_{a1} & y_{a2} & y_{a3} \\ z_{a1} & z_{a2} & z_{a3} \end{bmatrix} = [R|T] \cdot \begin{bmatrix} x_{i1} & x_{i2} & x_{i3} \\ y_{i1} & y_{i2} & y_{i3} \\ z_{i1} & z_{i2} & z_{i3} \end{bmatrix} + T \quad (3)$$

由式(2)和式(3)可以得到图像坐标系到抓取筒纱的机器人末端坐标系:

$$C = [R|T] = P_a \cdot P_i^{-1} \quad (4)$$

将获取的标定板图像坐标点和机器人末端坐标点代入到公式(4)中,则转换系数

$$C = \begin{bmatrix} 0.071 & 0 & -0.003 & 9 & 166.481 & 0 \\ 0.003 & 6 & 0.104 & 3 & -77.845 & 0 \\ 0 & 0 & 10.000 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

## 2 基于颜色特征的目标区域提取

### 2.1 HSV 颜色空间模型

工业相机获取的筒纱图像为 RGB 颜色空间模型,该模型与人眼的感知差异大,不代表实际人类的颜色感知<sup>[16]</sup>。为了符合人类的视觉特征,课题组采用 HSV 颜色空间模型,如图 3 所示。

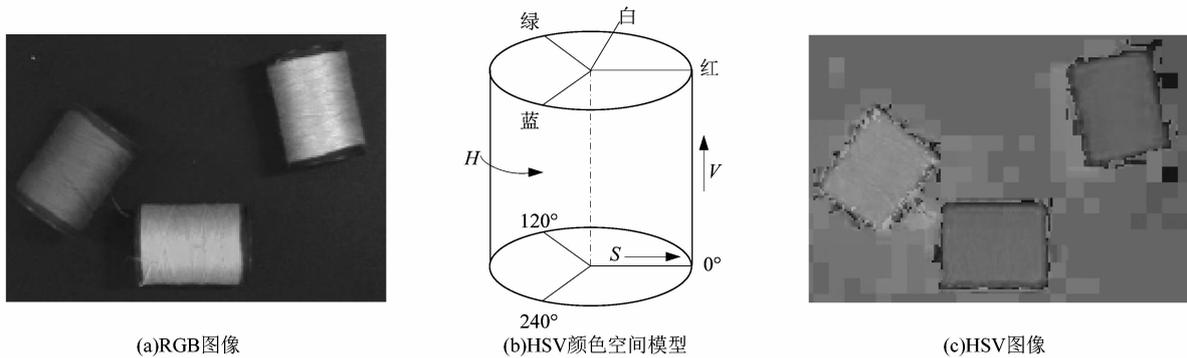


图 3 HSV 颜色空间模型转换

Figure 3 HSV color space model transformation

在 HSV 颜色空间模型中,  $H$  代表色调,取值范围为  $0 \sim 360$ ,描述颜色的本质属性;  $S$  代表饱和度,取值范围为  $0 \sim 255$ ,描述颜色的深浅;  $V$  代表亮度,取值范围为  $0 \sim 255$ ,描述对应颜色由暗向亮变化,表示其物

体的明暗关系<sup>[17]</sup>。

对筒纱的 HSV 各分量及其直方图如图 4 所示,由图 4 可知,通过 HSV 各分量的直方图分布,可以得到各分量的阈值,进行颜色分割。

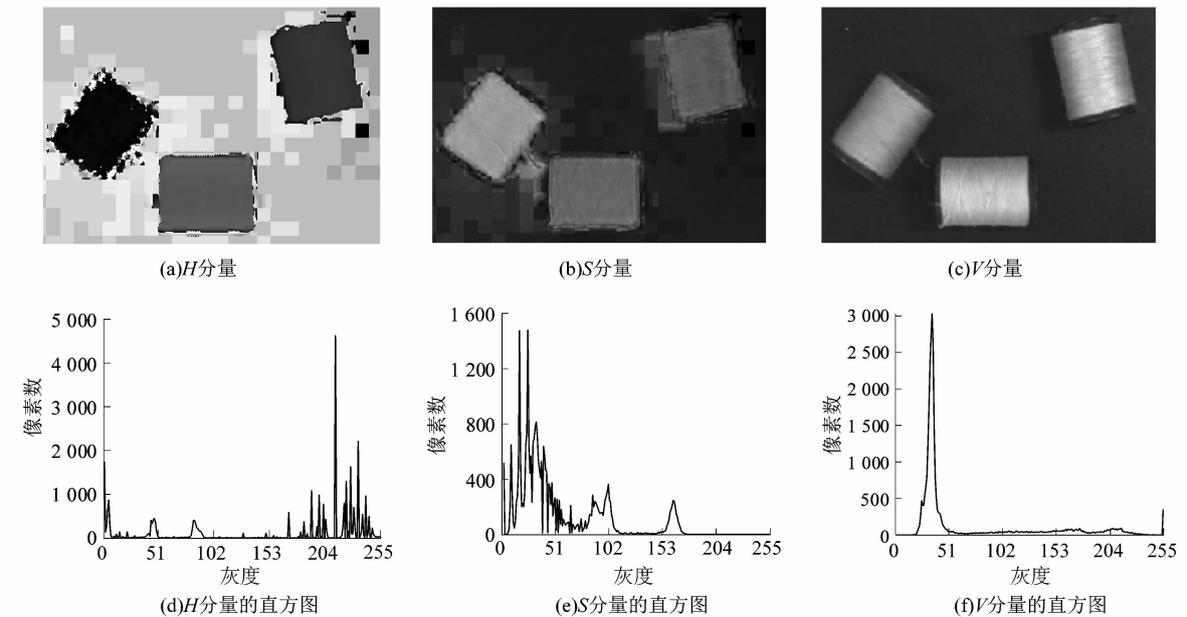


图 4 HSV 各分量及其直方图

Figure 4 Component and histogram of HSV

## 2.2 基于颜色特征的目标区域提取

颜色是筒纱分拣的主要特征。由图 4 可知,在 HSV 颜色空间中提取不同分量特征对筒纱进行识别。课题组在确定筒纱颜色阈值的基础上,采用区域生长分割算法提取筒纱轮廓特征。

### 2.2.1 各分量颜色阈值

由于光照亮度不均筒纱图像获取的主要干扰因素,课题组对  $V$  分量取  $0 \sim 255$  的最大变化范围。对不同颜色的筒纱进行图像获取,得到  $H, S, V$  的 3 个颜色分量的直方图,经统计得到不同颜色的阈值如表 1 所示。

表 1 颜色阈值参数  
Table 1 Color threshold parameters

颜色	$H_{\min}$	$H_{\max}$	$S_{\min}$	$S_{\max}$	$V_{\min}$	$V_{\max}$
红	10	156	43	255	46	255
青	78	99	43	255	46	255
黄	26	34	43	255	46	255
紫	125	155	43	255	46	255
橙	11	25	43	255	46	255
蓝	100	124	43	255	46	255
绿	35	77	43	255	46	255

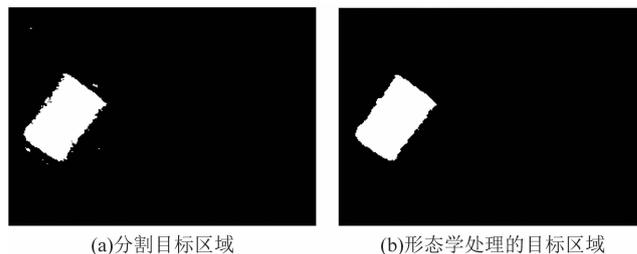
由表 1 可知,在 HSV 颜色模型中,饱和度  $S$  与亮度  $V$  的阈值范围均在一个变化范围中,而色调  $H$  对不同颜色的范围有区别,因此课题组通过提取  $H$  分量来确定分拣筒纱的颜色特征,设定最优的颜色阈值。

### 2.2.2 基于区域生长法筒纱区域提取

确定红色筒纱颜色阈值后,对所获取的筒纱图像进行全域扫描,根据筒纱的尺寸设定步长为  $s$ ,步长影响全域扫描的速度。扫描过程中计算每个像素点的  $H$  分量,并将  $H$  分量与表 1 中的 HSV 颜色阈值进行比较,当前像素点  $I(x, y)$  的  $H$  分量在颜色阈值范围内,则确认该像素点  $I(x, y)$  为种子点<sup>[18-19]</sup>。以筒纱图像中已扫描得到的种子点为中心,递归查找其 8 邻域像素点,如果其邻域像素点的各分量值均满足颜色阈值要求,则该点属于目标颜色区域,将该目标区域对应的像素点在空白的图像中设置为 1,其他非目标区域设置为 0。为了提高算法抗噪能力,在扫描种子点时,融入了邻域法去噪窗口。

课题组通过区域生长法得到红色的筒纱目标图像如图 5 所示。由图 5 可知,筒纱的区域基本确定,但是筒纱区域的边缘轮廓不平滑,图中还有干扰的小区域存在。为了去掉干扰且平滑边缘轮廓,课题组根据筒纱轮廓边缘线性特征构建了线性结构元素,通过形态

学的开、闭算法对图 5(a) 进行运算,得到了图 5(b) 的结果,消除了干扰的小目标,筒纱轮廓区域的边缘更加的平滑。



(a)分割目标区域

(b)形态学处理的目标区域

图 5 筒纱分割

Figure 5 Cheese image segmentation

## 3 分拣作业目标的识别与定位

### 3.1 连通区域的标记

采用颜色阈值和区域生长法提取了筒纱图像中所有满足颜色阈值要求的目标区域,对视场中存在多个相同颜色的分拣目标时,课题组通过计算 8 邻域的连通域对多个筒纱目标进行标记,连通域的位置采用外接矩形的形心位置来确定<sup>[20-22]</sup>。

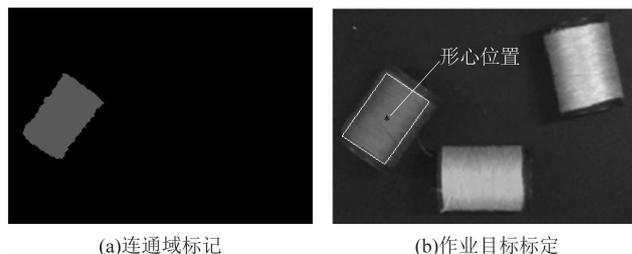
### 3.2 筒纱形心定位模型

为了确定筒纱的位置,对如图 6(a) 所示标记出筒纱轮廓区域,采用基于外接矩形来建立筒纱形心定位模型为:

$$\left. \begin{aligned} x_c &= \frac{\sum_{ij} x_{ij} I_{ij}}{\sum_{ij} I_{ij}}; \\ y_c &= \frac{\sum_{ij} y_{ij} I_{ij}}{\sum_{ij} I_{ij}}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

式中:  $(x_c, y_c)$  为筒纱形心的坐标;  $I_{ij}$  为筒纱区域图像的灰度。

由公式(6) 计算出来的筒纱形心坐标如图 6(b) 所示的。



(a)连通域标记

(b)作业目标标定

图 6 筒纱目标的识别与定位

Figure 6 Identification and positioning of cheese

### 4 实验数据分析

#### 4.1 实验参数

课题组选用不同颜色的筒纱目标进行颜色识别与分拣实验,筒纱直径为 20 mm,质量为 15 g,分拣机器人的最大抓取质量为 30 g。

#### 4.2 识别定位实验分析

将不同颜色的筒纱随机放置到工作台上,根据颜色特征设定阈值为红色 99,绿色 77,黄色 30,白色 13,识别定位结果如图 7 所示。

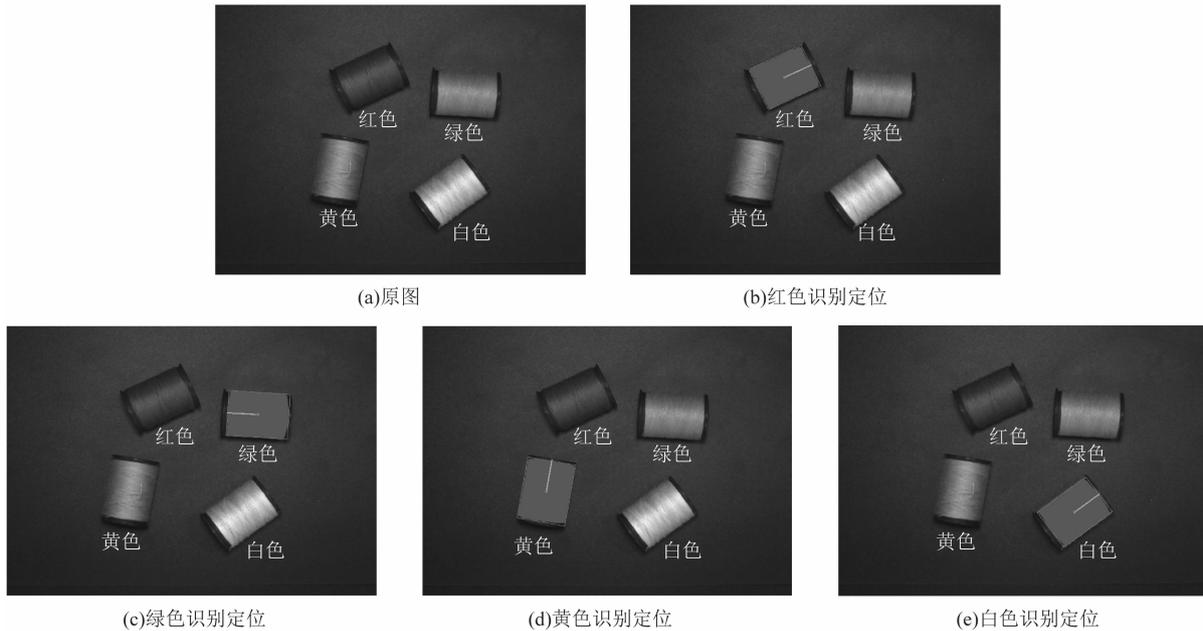


图 7 识别与定位

Figure 7 Identification and positioning

由图 7 可知,通过阈值分割得到了不同颜色区域的外接矩形,并通多形心定位确定了形心位置。如表 2 所示,将形心位置结合手眼标定参数可以得到分拣目标的空间位置。

表 2 形心位置

Table 2 Centroid position

分拣目标	形心位置坐标/像素		空间位置坐标/mm		
	$x_c$	$y_c$	$x$	$y$	$z$
红色筒纱	282	134	186.0	-62.8	10.0
绿色筒纱	458	162	198.4	-59.3	10.0
黄色筒纱	226	301	181.4	-45.6	10.0
白色筒纱	432	343	195.8	-40.5	10.0

#### 4.3 分拣实验

在识别定位的基础上,通过手眼标定的系数得到了筒纱目标相对于机器人末端执行器的空间坐标,将末端执行器换成气动手抓。筒纱的分拣如图 8 所示,机器人将绿色的筒纱从不同颜色的筒纱中识别出来,之后抓取放置在指定的盒中,完成分拣任务。

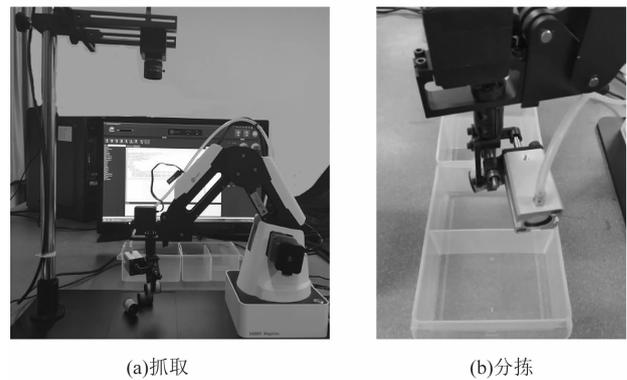


图 8 筒纱的分拣

Figure 8 Sorting of cheese

### 5 结语

为满足不同颜色筒纱的自动分拣需求,课题组构建了具有视觉感知功能的筒纱分拣机器人系统,通过视觉系统获取多筒纱图像,对不同颜色的筒纱采用基于颜色特征的区域生长法分割待分拣筒纱区域,以形态学算法平滑该区域轮廓并去除小目标的干扰。通过建立基于外接矩形的形心定位模型得到了待分拣筒纱

区域的形心位置。实验结果表明:该方法能够实现对常见的几种颜色的筒纱进行识别和定位,通过手眼标定来引导分拣机器人实现不同颜色的分拣。文中研究只针对互不接触的筒纱进行了实验分析,下一步需要对接触和重叠的筒纱的分拣进行研究。

#### 参考文献:

- [1] 郭政良,马思乐,陈纪暘,等. 筒子纱包装自动整列系统的设计与实现[J]. 包装工程,2019,40(11):137-141.
- [2] 金守峰,林强强,马秋瑞. 基于对抗神经网络和神经网络模型的筒子纱抓取方法[J]. 毛纺科技,2020,48(1):79-84.
- [3] 李鹏飞,朱鹏飞,张蕾,等. 基于四自由度视觉机器人的织物分拣方法[J]. 机床与液压,2017,45(15):48-52.
- [4] HATA S, HIROYASU T, HAYASHI J, et al. Robot system for cloth handling [C]//2008 34th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics. Orlando, FL, USA: IEEE, 2008:3449-3454.
- [5] MAITIN-SHEPARD J, CUSUMANO-TOWNER M, LEI J, et al. Cloth grasp point detection based on multiple-view geometric cues with application to robotic towel folding [C]//2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). Harbin: IEEE, 2010:2308-2315.
- [6] 王燕玲,李广伦,林晓. 复杂动态环境下运动目标自动检测算法[J]. 系统仿真学报,2015,27(4):715-722.
- [7] 李明,景军锋,李鹏飞. 应用 GAN 和 Faster R-CNN 的色织物缺陷识别[J]. 西安工程大学学报,2018,32(6):663-669.
- [8] 郑晶怡,李恩,梁自泽. 基于形状先验模型的平面型工件抓取位姿检测[J]. 机器人,2017,39(1):99-110.
- [9] 陈孝之,谢莉青. 织物颜色配准到标准色卡的计算机识别与仿真[J]. 纺织学报,2016,37(5):150-154.
- [10] 赵民,李天敏,邵萌,等. 基于 CCD 摄像机石材表面颜色识别方法[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版),2019,35(1):133-141.
- [11] 张平改,费敏锐,王灵,等. 基于自适应颜色模型的炉膛火焰识别方法[J]. 中国科学:信息科学,2018,48(7):856-870.
- [12] 尤波,武坤,许家忠,等. 基于机器视觉的自动插件系统设计与研究[J]. 光电工程,2017,44(9):919-926.
- [13] 谢先武,熊禾根,陶永,等. 一种面向机器人分拣的杂乱工件视觉检测识别方法[J]. 高技术通讯,2018,28(4):344-353.
- [14] 廖家骥,刘建群,高伟强,等. 基于机器视觉的机器人分拣系统设计[J]. 组合机床与自动化加工技术,2019(4):25-27.
- [15] 孙小权,邹丽英. 基于 SVM 的图像识别在零件分拣系统中的应用[J]. 机电工程,2018,35(12):1353-1356.
- [16] 程蓉,曾绍华,罗侯桐,等. 紫色土彩色图像的 H 阈值分割[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版),2019,36(2):86-95.
- [17] 谢春生,郭帅,程泓井,等. 基于物体颜色和尺寸特征的机器人视觉算法[J]. 机械科学与技术,2014,33(11):1643-1647.
- [18] 王诗宇,林浒,孙一兰,等. 基于机器视觉的机器人分拣系统的设计与实现[J]. 组合机床与自动化加工技术,2017(3):125-129.
- [19] 范荻,金守峰,陈蓉,等. 面向装配机器人的零件视觉识别与定位方法[J]. 西安工程大学学报,2018,32(1):114-120.
- [20] 任慧娟,金守峰,程云飞,等. 面向分拣机器人的多目标视觉识别定位方法[J]. 机械与电子,2019,37(12):64-68.
- [21] 陈栋梁,李蓓智,周虎. 基于零件轮廓形心与最小外接矩形的图像配准方法[J]. 制造业自动化,2012,34(8):48-51.
- [22] 蒋萌,王尧尧,陈柏. 基于双目视觉的目标识别与定位研究[J]. 机电工程,2018,35(4):414-419.

(上接第 57 页)

## 4 结语

课题组通过提取声发射信号的时域、频域特征,结合主成分分析与费舍尔判别法,提出了基于声发射频谱分析的磨削接触判定复合模型。研究发现,该复合模型的判别准确率高达 96.7% 且与传统的均方根判别法相比,能提前识别到磨削接触的发生,并且受环境噪声的干扰较小。在特征选择方面,该复合模型增加了多个频率信号特征量,可为数控磨削加工消空程的特征量选取提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 潘永成. 金刚石砂轮精密修整及其声发射在线监测技术研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2014:51.
- [2] MOHAMMED A, FOLKES J, CHEN X. Detection of grinding temperatures using laser irradiation and acoustic emission sensing technique[J]. Materials and Manufacturing Processes,2012,27(4):395-400.
- [3] 邢康林. 内圆磨削监控反馈系统构建与应用[D]. 郑州:河南工业大学,2014:48.
- [4] 徐水竹. 基于声发射的磨削工况在线监测方法研究[D]. 南京:南京大学,2011:31.
- [5] 郭力,郭君涛,霍可可. 金刚石砂轮与氧化铝磨削接触的声发射监测[J]. 制造技术与机床,2019(5):103-107.
- [6] 王嗣阳,许黎明,赖小平. 砂轮磨削过载判据及其快速诊断[J]. 上海交通大学学报,2015,49(9):1346-1352.
- [7] 盛炜佳,赵勃波,韩东芳,等. 基于声发射技术的自学习磨削加工监控系统[J]. 传感器与微系统,2010,29(4):99-101.
- [8] KIM H Y, KIM S R, AHN J H, et al. Process monitoring of centerless grinding using acoustic emission[J]. Journal of Materials Processing Technology,2001,111(1/2/3):273-278.
- [9] WEBSTER J, MARINESCU I, BENNETT R. Acoustic emission for control and monitoring of surface integrity during grinding[J]. Annals of the CIRP,1994,43:299-304.