

视觉分拣教学实验台的设计

彭鹤 李静宇 王一航 张乾龙 黄开端

中国石油大学(北京)机械与储运工程学院

DOI:10.12238/er.v5i5.4656

[摘要] 为提高学生的动手能力以及创新的能力,设计了一款基于视觉分拣的教学实验平台。并开发了相应的实验项目。该实验台由检测装置、控制系统、机械臂、传送带组成并融合了计算机科学、图像处理、模式识别以及数据采集处理技术等学科。该实验平台能够使学生充分学习并掌握视觉识别系统的基本原理与实际应用、以PC为核心的控制系统的基本原理与控制方式,通过实验培养学生对PC技术和机器视觉等技术的实践能力。该平台具有良好的开发性,熟练掌握相应的理论知识后学生可以对该平台进行二次开发,培养了学生的工程素养和科技创新的能力。

[关键词] 视觉识别; 实验教学平台; 实验开发

中图分类号: G420 **文献标识码:** A

Design of Teaching Experiment Bench for Visual Sorting

He Peng Jingyu Li Yihang Wang Qianlong Zhang Kaiduan Huang

School of Mechanical and Storage Engineering of China University of Petroleum (Beijing)

[Abstract] In order to improve students' practical ability and innovation ability, a teaching experiment platform based on visual sorting is designed. The platform is composed of detection devices, control systems, robotic arms, and conveyor belts, and integrates disciplines such as computer science, image processing, pattern recognition, and data acquisition and processing technology. The experimental platform enables students to fully learn and master the basic principles and practical applications of visual recognition systems, the basic principles and control methods of PC-centered control systems, and to cultivate students' practical abilities in PC technology and machine vision technologies through experiments. The platform has a good development ability. After mastering the corresponding theoretical knowledge, students can develop the platform for the second time, which has cultivated students' engineering literacy and technological innovation ability.

[Key words] visual recognition, experimental teaching platform, experimental development

引言

工业发展对分拣作业的要求日益提高,生产线作业量越来越繁重,同时人工分拣成本高,机械式的重复劳动严重浪费人力资源,因此机器人分拣正在逐步取代人工分拣。通过图像处理技术获取工件信息完成分拣工作的机械手分拣系统与传统的分拣系统相比,有较低的容错率并且可以完成更为复杂的识别任务,有较好的发展前景,越来越多的高校和研究单位开展视觉分拣的学习研究^[1]。视觉分拣实验台是一种基于机器视觉和机器人技术的实验平台,为掌握图像采集处理和机械臂运动控制提供了良好的研究载体。

1 实验台结构设计

1.1 整体结构

视觉分拣实验台主要由图像检测装置、PC控制系统、机械臂、传送带等组成,如图1所示。其中图像检测装置与PC机相连,用于采集传送带上区域内的瞬时图像获得工件在传送带上的瞬

时位置、摆放角度等信息;PC机分析和处理检测装置采集的图像信息计算出工件的实时位置并完成机械臂运动规划^[2];机械臂根据PC机指令完成对移动工件的抓取和放置。

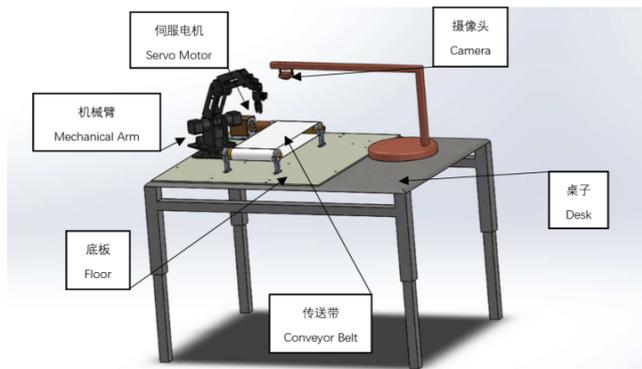


图1 实验台整体构成

1.2 视觉模块

1.2.1 手眼标定

手眼标定是基于机器视觉分拣过程中及其重要的一步,即将视觉系统处理的数据转化为机械臂运行所需要的数据。本实验平台采用九点标定的方法,设摄像机中点坐标为 (x, y) ,机械臂坐标为 (x', y') ,转换公式如下所示。

$$\begin{pmatrix} a & b & c \\ a' & b' & c' \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix}$$

标定实验步骤:

a. 摄像机采集校正对象的图像,然后对其进行图像处理获得九个点在摄像机坐标系下的坐标。

b. 控制机械臂按顺序走过九个点,并记录九个点的坐标。将两次求解的坐标带入上述公式即可求得坐标系转换矩阵。

1.2.2 图像处理与目标识别

采集和传输图像过程中会对最终的图像带来噪声干扰,为了减少噪声干扰,需要对图像进行预处理以简化图像的信息。该平台调用Halcon机器视觉算法包中的算子采集图片并对其进行处理,选择矩形、三角形、圆形零件进行实验。

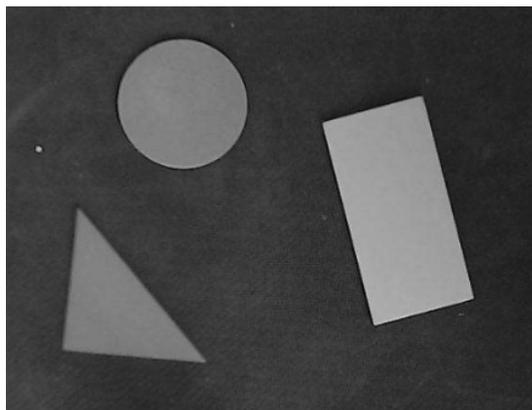


图2 灰度图



图3 阈值分割效果

相机采集的图片由RGB三种基色混合,将三通道转化为单通道图便于后续的处理,其中最常用的单通道图是采用加权平均

法的灰度图^[3],处理结果如图2所示。通过灰度图,RGB颜色空间下的R、G、B,以及HSV颜色空间下的H、S、V的7幅图的对比,最终选用了V(明度)图。

通过阈值分割从采集的图像中分割出目标区域,即扫描图像中每一个像素点,灰度值在阈值范围内的置1,其余置0,阈值分割后的图像内像素点只有0和1。由于受到光照等因素的影响,阈值分割后的图像可能包含目标区域的其他部分因此需要进行区域特征分析对目标区域进行提取。最常用的方法是通过面积和凸性两个特征进行提取,阈值分割结果如图3所示。

寻找灰度值梯度的最大的领域达到精确提取边缘的目的,因图像信号是离散的,则选择某点左右(上下)两个点灰度值的差值代替(本实验采用Sobel对二值化图像进行变换提取),边缘提取结果如图4所示。

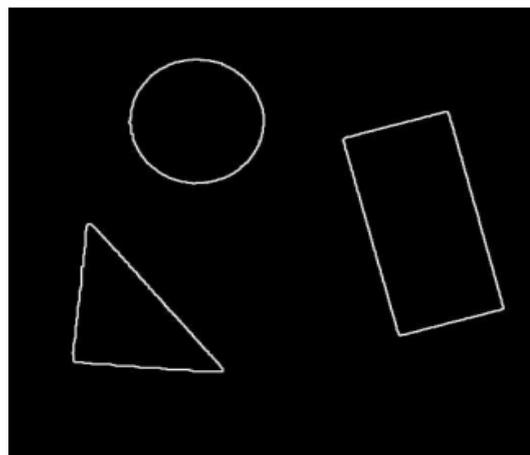


图4 边缘提取结果

使用Harris角点检测算法获得边缘提取结果中各个区域对应的角点数量,并以此判断出工件的形状:包含3个角点的区域为三角形工件,包含4个角点的区域为矩形工件,未含有角的点区域为圆形工件。

最终通过HALCON算法包求解区域面积中心,得到工件的中心坐标,进而转化为机械臂运动的坐标。

1.2.3 控制系统

依据机械臂和摄像机的通讯方式,该实验平台选择PC机作为控制系统的核心。系统运行后,检测装置采集图片,并对图片进行预处理(阈值分割、特征选择等),根据处理结果得出工件的形状、运动的速度、工件的中心位置。PC机控制系统根据工件的中心位置和运动速度计算出机械臂的运动路径,并将数据发送到机械臂的控制器,然后机械臂到达相应的位置进行等待、抓取、放置,一个工件分拣结束后执行下一次图像采集,循环上述整个流程。若在视野检测范围内未发现目标,则不需要对目标进行分析计算,直接进行下一次的采集。

1.2.4 机械臂

该机械臂选用DOBOT Magician机械臂,其优点是结构小巧紧凑,安全性高,便于开展实验研究。该机械臂为四自由度串联结构,由三个步进电动机和一个舵机驱动,末端执行器选用气泵

和吸盘结构通过吸取工件达到拣取的目的。机械臂在平面上有宽度为115mm的180°环形工作空间,沿传送带方向的运动速度可达6m/min,满足分拣系统试验和演示的要求^[4]。

1.3 工件速度的计算

检测工件移动速度的基本思路是连续采集两张图片,通过工件中心坐标差和图像采样时间求解速度。摄像机视野长度约为0.3m,传送带最大的速度为30m/min,在视野范围内采用较长的采样时间可以减少误差,经过计算令采样时间为0.5s,使用HALCON中的函数count_seconds()设置。

1.4 机械臂的分拣路径及控制流程

a. 检测工件在传送带上的运动速度 v ,记录图像采样时间;

b. 根据工件运动速度和图像采样时间计算 t 时刻后工件到达的位置,控制机械臂到达该位置;

c. t 时刻后PC机根据机械臂的D-H参数计算各个肘关节需要旋转的角度和速度,控制机械臂在 z 轴方向上移动距离 s 并沿 z 方向移动距离,到达计算坐标点;

d. 控制吸盘放置工件。

2 视觉分拣实验设计

该实验台可以自主搭建,先完成机械结构的组装,再进行后续的实验内容。

针对该实验台主要开发的实验内容主要包括机械臂运动控制、目标图像识别与处理、视觉分拣控制设计与实验、实物调试四个部分^[5]。

2.1 机械臂运动

自主学习机械臂工作的基本原理以及各部分的功能,了解机械臂的控制方式。然后学习USB线和PC的通讯方式、ARM控制器的工作原理和控制方式,学习如何输入运动指令和吸取指令。最后自主编写相应的控制程序(c++或c#)并调试验证机械臂的吸取指令和运动指令。

通过该实验学习如何手动控制机器人、建立坐标系、设定机械臂的运动参数及运行轨迹,了解机器人的工作原理和控制方式。

2.2 目标图像识别与处理

该部分的程序开发环境选用Halcon机器视觉软件,实验内容包括图像的预处理、阈值分割、形态学处理、区域特征分析、边缘提取等多个步骤,同时涉及多种算法,如果没有该部分的知识储备,可以先通过示例任务依次进行单个步骤的学习,然后通过解决实际问题,达成目标图像识别与处理的实践目标。

通过该部分实践能得到Halcon机器视觉软件的使用方法和操作训练,初步了解机器视觉的基本原理、开发流程以及机器视觉在实际问题中的应用,为后续课程设计奠定基础。

2.3 视觉分拣控制设计与实现

针对该视觉分拣平台,利用PC机编写相应的控制程序(c++或c#),整合上述两部分实验内容实现手眼联动,主要涉及信息存储与传输、路径运算与规划、系统初始化及起停控制等。整个分拣控制流程如图5所示。

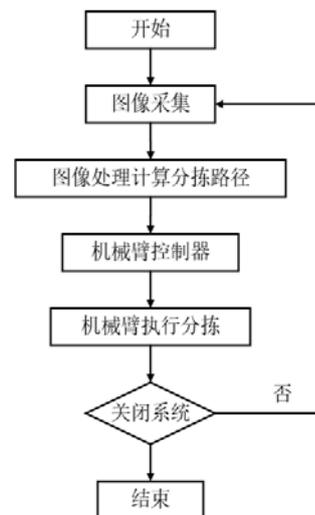


图5 控制流程图

2.4 联机调试

在完成上述3个部分的学习后进行联机调试,根据前面的学习,自行搭建实验平台并在相机的视野内放置不同形状的工件,然后启动实验装置设计机械臂的终点坐标进行静态分拣实验,观察机械臂能否准确抓取工件并放置到预定的工位,如图6所示。之后进行下一步动态分拣实验,启动传送带并设置合适的传送速度,然后观察机械臂能否成功抓取运动中的工件并放置到预定的工位,如图7所示。通过多次试验的成功率和准确度验证联机调试的完成度。



图6 静态分拣实验

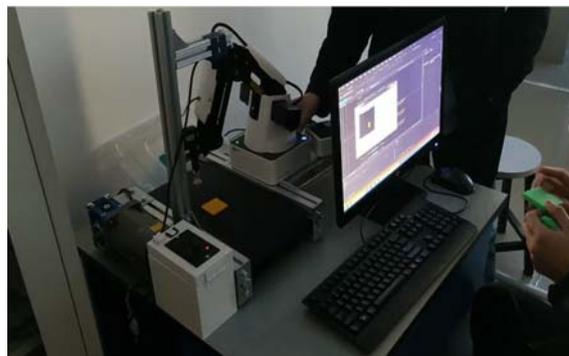


图7 动态分拣实验

3 应用与结论

本文设计的实验台及开发的实验内容已应用于实践教学,教学效果良好。

借助该实验台,学生可以初步了解机电一体化系统结构组成、机械臂运动控制、视觉识别与处理等专业知识,并综合运用所学知识解决实际复杂问题。此外,该实验台具有良好的创新性和扩展性,适合进行二次开发。学习者可继续优化视觉识别算法,提高分拣效率和智能化水平。

[基金项目]

教育部产学合作协同育人项目(201902262062);中国石油大学(北京)机械设计制造及其自动化一流专业建设项目(PX-11222739)。

[参考文献]

[1]熊隽,陈运军,陈林.机器人自动化综合实验教学平台设计[J].实验室研究与探索,2020,39(05):182-186.

[2]孙亚星,王宇鹏,黄帅铭,等.基于机器视觉的搬运机器人教学实验平台设计[J].自动化技术与应用,2020,39(01):93-96.

[3]李硕,强华.工业机器人实验教学平台[J].实验技术与管理,2018,35(04):166-170.

[4]杨亮,郭志军,李文生,等.基于视觉伺服的桌面型机械臂创新实验平台研制[J].实验技术与管理,2018,35(05):92-94+101.

[5]金国华,毕胜,王璐,张大力.一款兼容STM32和51单片机的实验教学平台开发[J].实验技术与管理,2019,36(06):111-113+118.

作者简介:

彭鹤(1983—),男,汉族,黑龙江鹤岗人,硕士,高级工程师,从事机器人及检测技术方向实验教学及研究工作。

中国知网数据库简介:

CNKI介绍

国家知识基础设施(National Knowledge Infrastructure, NKI)的概念由世界银行《1998年度世界发展报告》提出。1999年3月,以全面打通知识生产、传播、扩散与利用各环节信息通道,打造支持全国各行业知识创新、学习和应用的交流合作平台为总目标,王明亮提出建设中国知识基础设施工程(China National Knowledge Infrastructure, CNKI),并被列为清华大学重点项目。

CNKI 1.0

CNKI 1.0是在建成《中国知识资源总库》基础工程后,从文献信息服务转向知识服务的一个重要转型。CNKI 1.0目标是面向特定行业领域知识需求进行系统化和定制化知识组织,构建基于内容内在关联的“知网节”,并进行基于知识发现的知识元及其关联关系挖掘,代表了中国知网服务知识创新与知识学习、支持科学决策的产业战略发展方向。

CNKI 2.0

在CNKI 1.0基本建成以后,中国知网充分总结近五年行业知识服务的经验教训,以全面应用大数据与人工智能技术打造知识创新服务业为新起点,CNKI工程跨入了2.0时代。CNKI 2.0目标是将CNKI 1.0基于公共知识整合提供的知识服务,深化到与各行业机构知识创新的过程与结果相结合,通过更为精准、系统、完备的显性管理,以及嵌入工作与学习具体过程的隐性知识管理,提供面向问题的知识服务和激发群体智慧的协同研究平台。其重要标志是建成“世界知识大数据(WKBD)”、建成各单位充分利用“世界知识大数据”进行内外脑协同创新、协同学习的知识基础设施(NKI)、启动“百行知识创新服务工程”、全方位服务中国世界一流科技期刊建设及共建“双一流数字图书馆”。