

智能洗碗机视觉引导系统研究与设计

朱浩然 王宏翔 李明宽

北华大学, 吉林吉林 132021

摘要: 近年来随着我国经济的不断发展和消费需求的升级, 洗碗机行业市场规模不断扩大, 传统洗碗机也逐渐显露出一些缺点, 如不能有效地识别和处理不同类型的污渍、无法自动调整洗碗机洗涤剂和水的使用量等, 洗碗过程也显得不够智能化, 无法很好地满足用户的使用需求。因此, 本文提出了一种基于视觉引导的智能洗碗机设计方案, 利用计算机视觉技术精准定位, 实现了洗碗机的自动化、智能化和高效化。该设计为用户提供了更环保、省时的洗碗体验, 对未来洗碗机的技术革新和市场开拓具有重要的应用价值和发展潜力。

关键词: 洗碗机; 视觉引导; 计算机视觉技术

引言

近年来国内市场上出现了许多种类的洗碗机, 主要包括蒸汽式、水槽式、嵌入式、喷淋式四种形式。蒸汽式洗碗机利用高温蒸汽进行清洁和消毒, 清洗效率低且消毒不充分, 效果较差; 水槽式洗碗机主要由两个槽体组成, 容量较小, 大约能容纳 6 套餐具, 适合人口少、厨房小的家庭; 嵌入式洗碗机占厨房橱柜面积比较大, 需要提前预留好橱柜位置, 摆放餐具时还需要弯腰或蹲下; 喷淋式洗碗机容量比较大, 多数容量为十几套, 但是耗水量大, 效率低耗时长。由于传统的商用洗碗机的清洁功能耗水耗电量大, 价格昂贵, 清洁力度不到位, 消耗清洁剂较多等问题, 不能满足消费者对于智能洗碗机的要求标准^[2], 制约了国内洗碗机行业的发展前景。因此, 目前急需一款操作简单、价格低廉、清洁全面, 节水节能的多功能智能洗碗机来满足人们的使用需求, 具备精准定位污垢和深度清洁能力的洗碗机有巨大的市场空间。由于精准定位污垢十分困难, 有研究发现采用视觉引导清洗头进行清洁较为可靠^[1]。视觉引导技术与智能清洗系统的深度融合, 为实现餐具的精准二次清洁提供了有力支撑。当初次清洗过程结束后, 视觉引导清洗头会再次扫描餐具表面, 捕捉剩余污渍的图像信息, 在识别到未清洗干净的污垢后, 结合深度学习算法, 将清洗头引导至污渍位置对餐具进行二次清洁, 达到彻底清洁餐具的目的。此设计要求对图像信息进行识别处理, 并实现图像坐标系与真实坐标系的映射, 达到引导清洗头至污渍实际位置的目标。

一、基于视觉引导的洗碗机实现方法

在现代化的智能清洗系统中, 引导系统首先由摄像头采集物体的图像信息, 助力实现清洗过程的高效化、精准化。随后, 引导系统捕捉到待清洗餐具的图像, 将此图像传送至 PC 进行识别。PC 中神经网络解

析图像数据，能够快速而准确地识别出盘子上污渍的类型——比如油脂、酱汁或是干涸的食物残渣，并根据污渍特性决策出最适合的清洗方法。接着将该图像信息传输至清洗头端的位置寄存器与承托盘子的底座并读取位置，清洗头下丝杠旋转，保持高度的定位精度和响应速度。最后，盘子底旋转将清洗头送至污渍位置进行清洗操作，有针对性地实现特定的清洗效果。

通过这样的精密控制和智能化操作，智能清洗系统能够高效、精准地完成清洗任务，大大提升了清洗效率和质量，同时也减少了水和能源的消耗，体现了现代科技在提高生活品质和环境保护方面的双重贡献。

二、清洗目标特征提取与检测

百度的 EasyDL（Enhanced Your Deep Learning）是一个面向开发者和企业提供的深度学习平台，它简化了深度学习模型的构建、训练和部署过程，即使没有深厚机器学习背景的用户也能快速上手。EasyDL 的核心优势在于其强大的深度神经网络框架可以与视觉技术结合，高效地实现对目标的识别和处理：首先识别分类创建数据集，然后通过深度学习功能进行目标检测，最终用矩形框标出目标。

（一）准备基础数据集：

以个人、网络作为信息源，收集大量数据集。个人数据集由相机传感器获得，高清摄像机会捕捉不同材质餐具上人为制造、产生的各类污渍，并汇总至数据模型中。网络数据集收集网络上常规污渍类型图片，汇总至线上数据模型。

（二）数据集标注：

使用平台线上标注功能进行数据集标注。手动将污渍位置以矩形框选出，并尽量多地收集数据集进行标注。标注过程涉及定义目标的类别，例如“盘子”“杯子”或“刀叉”，并在每张图片中用矩形框标出目标的位置。这一过程也是训练模型理解污渍清洗目标特征的基础。

（三）模型训练：

一旦数据集准备就绪，EasyDL 平台将利用其深度学习功能自动构建和训练模型。通过 EasyDL 的线上训练功能进行模型训练，在训练过程中多次查看并校正该模型，尽量提高模型识别的精确度，为模型的部署和运用打下基础。

（四）模型部署：

将生成并训练完的模型应用于真实相机与虚拟相机中，部署到实际应用场景如智能清洗系统中，调整模型基础参数，设置置信度为 60%。系统将识别出相机采集、捕获到的图像，以矩形框的形式标出这些目标区域。这一步骤对后续的清洗操作至关重要，因为它帮助系统确定了需要重点清洁的部位，从而提高了清洗的针对性和效率。

三、机器人运动视觉引导

（一）图片二维信息重建

相机拍摄图像后，由 PC 进行图像识别处理，系统以精确的矩形框形式，在图像上标识出餐具的污渍处，通过相机的标定操作获得该矩形四个顶点与矩形中心点在图片上的像素坐标^[3]。坐标点与世界坐标点

的映射关系为:

$$Z \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 & x_0 \\ 0 & s_y & y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} [R, T] \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \\ 1 \end{bmatrix}$$

其中,在图像坐标系中,任意一点由坐标 (x, y) 表示, (s_x, s_y) 代表图像坐标系中心坐标。 (x_w, y_w, z_w) 为世界坐标系下相应的三维坐标点, z_c 表示相机坐标系的 z 轴 值,即目标到相机的距离。 R, T 共同组成外参矩阵,分别代表旋转矩阵、平移矩阵。假设世界坐标系和相机坐标系重合,相机坐标系下的物体和世界坐标系下的物体具有同一深度,即 $z_c = z_w$ 。

将公式简化化简可得到:

$$\arctan\left(\frac{x}{y}\right) + \phi$$

$$S_r \cdot \sqrt{x^2 + y^2} \cdot \sin\left[\arctan\left(\frac{x}{y}\right) \cdot \phi\right]$$

(二) 污渍处位置获取

通过相机采集目标图片、获取目标像素坐标后,利用 PC 计算出相机采集目标像素坐标与世界坐标之间的关系^[4]。

四、机器人清洗运动

(一) 清洗运动

在确认清洗头到达指定位置后,清洗头根据标化污渍的矩形框来确认清洗范围,以此保证清洗操作快捷有效。

确认范围后清洗头开始执行精密的清洗程序,与餐盘底座协同工作,以污渍中心点为圆心、以中心点到矩形框顶点的距离为半径,形成一个覆盖整个污渍区域的虚拟圆。图 4.1、图 4.2 为深度学习系统识别到的矩形框示例。



图 4.1 识别结果矩形框示例 (1)



图 4.2 识别结果矩形框示例 (2)

(二) 运动规划

清洗头沿着这个圆周路径移动,同时调整喷射角度和压力,确保每一个点都能得到均匀且强力的水流冲击,从而有效地去除污渍而不损伤餐具表面。为保证清洗的质量,在清洗结束后相机会多次检测污渍,进行多次清洗,使每次清洁都达到最佳效果。具体运动路线如下:

1) 在识别污渍后,底座会让盘子包围污渍的矩形框旋转,使矩形框 u 轴所在直线转至与清洗头轨道相交的位置,相机检测并多次调整,确保清洗头对污渍的定位和自身清洗的运动路径准确。

2) 调整结束后清洗头会沿轴在矩形框 u 轴两点间往复运动,运动次数由智能系统的内置程序进行合理判断。

3) 运动结束后,盘子底座旋转,清洗头重复前面两个步骤的清洗过程,直至视觉引导系统精确定位餐具实现污渍无残留时,盘子将被放置于矩形框的另一端。

五、实验结果与分析

(一) 污渍位置检测实验分析

基于 matlab 进行视觉引导洗碗机仿真验证。通过 matlab 搭建的仿真实验环境包含盘子底座的旋转装置以及清洗头结构,通过仿真器内函数来模拟旋转位置以及清洗头清洗过程。图 5.1、5.2、5.3、5.4 为数学建模后仿真实验中采集到的机械臂 U/V 方向误差量。

如图所示,旋转角度受电机精度影响,误差较大,因此这一动作需要经过多次校准,才能保证旋转至合适位置,或更换精度更高的电机,以实现清洗头对污渍的准确定位,减少餐具不必要的磨损和消耗,最大化地开发洗碗机视觉引导下的自动功能。

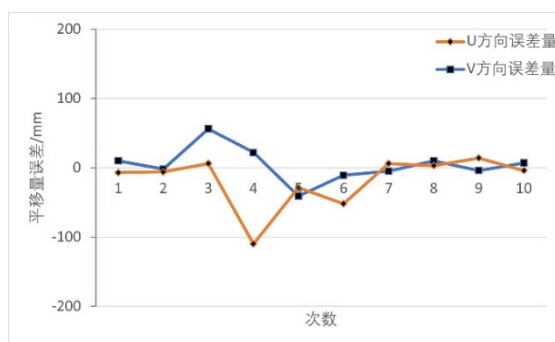


图 5.1 机械臂 U/V 方向误差 (1)

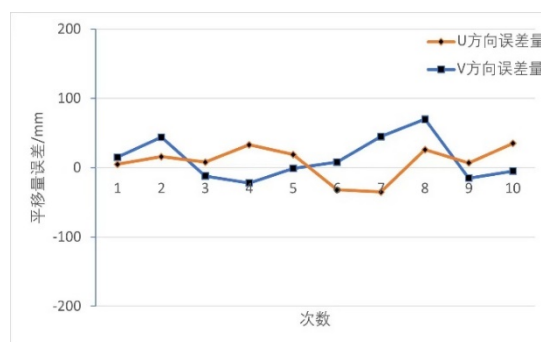


图 5.2 机械臂 U/V 方向误差 (2)

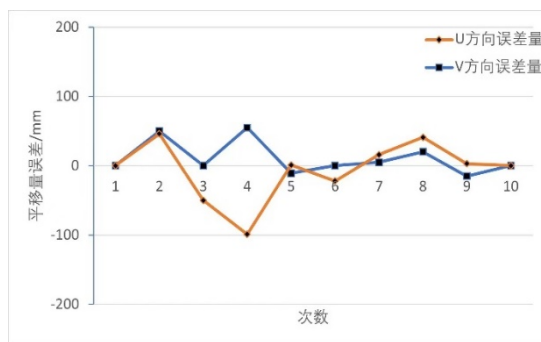


图 5.3 机械臂 U/V 方向误差 (3)

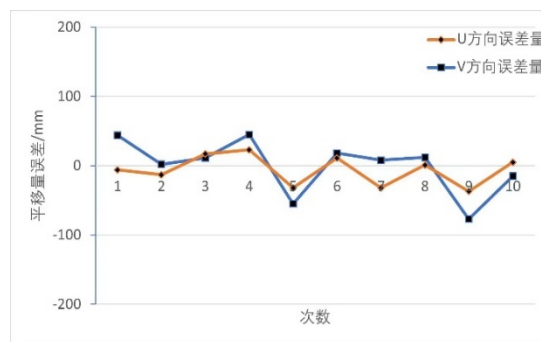


图 5.4 机械臂 U/V 方向误差 (4)

(二) 根据结果分析

多组实验数据表明,实验对于目标位置的识别成功率为 100%,相机识别到的目标位置与实际位置在 x, y, z 三个坐标方向上的误差均小于 4mm,电机精度对于清洗头到达实际位置的影响也在误差范围内。该

视觉识别方法有良好的适用性并且符合清洗标准，采用这一视觉识别技术的智能清洗系统，因其高度的灵活性和准确性，在餐饮业、酒店业以及家庭厨房中展现出巨大的潜力和价值。

六、结论

本方案设计了基于视觉引导的洗碗机系统，该系统综合运用图像处理、深度学习、机器人运动等技术，实现了对餐盘污渍的自动识别和精确清洗。在实验过程中，本研究利用摄像头采集餐盘图像，在 PC 上通过神经网络对污渍类型进行识别，进而在机器人运动中精确导引清洗头至污渍位置，实施深度清洁，并通过仿真验证了方案的合理性和可行性，为解决洗碗机清洁问题提供了新思路。视觉识别技术在智能清洗领域的应用，不仅提升了清洗的标准化水平，还促进行业向更智能、更高效、更可持续的方向发展。

然而，在实验中也发现了一些问题。例如，机器人清洗头在运动过程中，旋转角度受电机精度影响较大，需要进行多次校准或考虑更换高精度电机以提高系统的稳定性，解决现有智能洗碗机在能效、清洁效果、智能化程度以及用户交互体验等方面的不足。此外，硬件设备的精度、实时性等因素也需要在实际应用中仔细考虑和调优。以上问题有待在未来调整和改进，实现智能洗碗机的全面普及和优化。随着技术的不断进步，未来智能清洗系统在识别精度、清洗效率和用户体验方面必将取得更大的突破。

参考文献：

- [1] AstroPose: Astronaut pose estimation using a monocular camera during extravehicular activities[J]. LIU ZiBin;LI You;WANG ChunHui;LIU Liang;GUAN BangLei;SHANG Yang;YU QiFeng.Science China(Technological Sciences),2024(06)
- [2] Development of a Novel End-Effector for an On-Orbit Robotic Refueling Mission[J]. Liu Jinguo;Tong Yuchuang;Liu Yunjun;Liu Yuwang.IEEE Access,2020
- [3] 孔德方.基于计算机视觉算法的图像处理技术研究 [J]. 科学与信息化 ,2021,05(03):51.
- [4] 牛犇 , 张栖瑞. 基于计算机视觉的数字图像处理方法研究——以梨果检测分级为例[J]. 信息记录材料 ,2022,22(5):195-196.

基金项目：

全国大学生创业创新资助项目《基于视觉引导的精准去污智能洗碗机》阶段性成果，项目编号（202310201047）

Research and design of visual guidance system for intelligent dishwasher

Zhu Haoran Wang Hongxiang Li Mingkuan

Beihua University, Jilin, Jilin 132021

Abstract: In recent years, with the continuous development of China's economy and the upgrading of consumer demand, the market scale of the dishwasher industry has been expanding, and the traditional dishwasher has gradually revealed some shortcomings, such as not being able to effectively identify and deal with different types of stains, unable to automatically adjust the amount of dishwasher detergent and water, etc., and the dishwashing process is not intelligent enough to meet the needs of users. Therefore, this paper proposes a design scheme of intelligent dishwasher based on vision guidance, which uses computer vision technology to accurately locate the dishwasher and realize the automation, intelligence and efficiency of the dishwasher. The design provides users with a more environmentally friendly and time-saving dishwashing experience, and has important application value and development potential for the technological innovation and market development of future dishwashers.

Keywords: dishwasher; visual guidance; computer vision technology

版权所有 © 2024 本文作者和香港科技出版集团。本作品根据知识共享署名国际许可证 (CC BY 4.0) 获得许可。 <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access