

DOI:10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2026.04.038

基于 PLC 技术和目标跟踪的运输机器人目标识别方法

余娜, 何国荣, 李培东, 卿笛, 马驰

(陕西农林职业技术大学, 陕西 杨凌 712199)

摘要: 优化基于可编程逻辑控制器和目标跟踪的运输工业机器人目标识别方法。通过收集传感器数据并利用可编程逻辑控制器进行预处理和逻辑构建, 建立目标识别优化控制系统。引入视觉跟踪算法, 实现对运输品的精准识别和跟踪。测试显示, 在正常光线条件下识别准确率平均为 92.3%, 弱光条件下为 85% 以上, 分别比传统方法提高 12.4 个百分点和 18.5 个百分点。跟踪稳定性在正常光线条件下为 93.7%, 弱光条件下为 91.7%, 分别比传统方法提高 18.6 个百分点和 23.4 个百分点。该设计提升了目标识别的准确性和鲁棒性, 增强了运输机器人在复杂环境下的适应能力, 为现代农业物流提供技术支持。

关键词: 可编程逻辑控制器; 工业机器人; 目标识别; 视觉跟踪算法

中图分类号: TP242.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-5276(2026)04-0195-05

Target Recognition Method for Transport Robots Based on PLC Technology and Target Tracking

Yu Na, He Guorong, Li Peidong, Qing Di, Ma Chi

(Shaanxi A & F Technology University, Yangling 712199, China)

Abstract: The target recognition method for transport industrial robots based on programmable logic controller (PLC) and target tracking is optimized. By collecting sensor data and utilizing the PLC for preprocessing and logic construction, an optimized control system for target recognition is established. A visual tracking algorithm is introduced to achieve precise recognition and tracking of transported items. The test shows that under normal lighting conditions, the average recognition accuracy is 92.3%, and under low-light conditions, it exceeds 85%, representing an increase of 12.4 percentage points and 18.5 percentage points, respectively, compared to traditional methods. The tracking stability under normal lighting conditions is 93.7%, and under low-light conditions, it is 91.7%, an increase of 18.6 percentage points and 23.4 percentage points, respectively, compared to traditional methods. The design improves the accuracy and robustness of target recognition, enhances the adaptability of transport robots in complex environment, and provides technical support for modern agricultural logistics.

Keywords: programmable logic controller (PLC); industrial robots; target recognition; visual tracking algorithm

0 引言

随着自动化技术的不断进步, 运输机器人逐渐成为实现高效运输的关键手段, 能够替代人工在仓储、农场以及物流中转等环节完成货物的搬运和输送任务, 有效减轻人力劳动强度、提高运输效率并降低运营成本^[1-3]。然而, 由于运输环境存在诸多干扰因素, 使得运输机器人的目标识别任务变得极为复杂, 传统的识别方法往往难以满足实际应用中对于准确性和稳定性的要求^[4-6]。近年来, 可编程逻辑控制器 (programmable logic controller, PLC) 技术凭借其高可靠性、强抗干扰

能力以及灵活的可编程性等诸多优势, 在工业自动化控制领域得到了广泛应用^[7-9]。与此同时, 目标跟踪技术通过实时监测目标物体在不同时刻、不同场景下的位置和状态变化, 为运输机器人在动态环境中持续锁定目标提供了有效的解决思路^[10-11]。基于此, 研究创新性地将 PLC 与目标跟踪相结合, 通过深入分析整合方法克服现有识别方法的局限性, 以实现运输机器人在复杂环境下对目标更精准、更稳定的识别, 进而为提高运输自动化水平、推动现代农业物流发展提供有力的技术支撑。

基金项目: 陕西农林职业技术大学基金项目 (ZK20-43)

第一作者简介: 余娜 (1992—), 女, 陕西商洛人, 副教授, 硕士, 研究方向为工业机器人, Nana0052Yuna@163.com。

信息等,通过通信接口反馈给人机界面,并与机器人进行信号交互。人机界面接收到这些数据后,按照预设的显示规则进行可视化处理,将抽象的数据转化为直观易懂的图形、文字等形式呈现给操作人员,实现信息的实时展示和交互。过程中省去了示教器的步骤,通过人机界面直接对机器人控制器进行监视,从而提高运输机器人识别操作的自动化水平。

1.2 结合目标跟踪的目标识别技术研究

在引入 PLC 技术对运输机器人目标识别进行改进后,为了解决原网络跟踪算法在复杂环境下鲁棒性差的问题,研究引入基于视觉的目标跟踪算法。在运输目标时,机器人容易因为光照变化识别出多个目标,因此,研究采用判别式模型预测视觉跟踪算法(discriminative model prediction, DiMP)进行单目标跟踪,以实现目标分拣任务。DiMP 网络框架如图 3 所示。

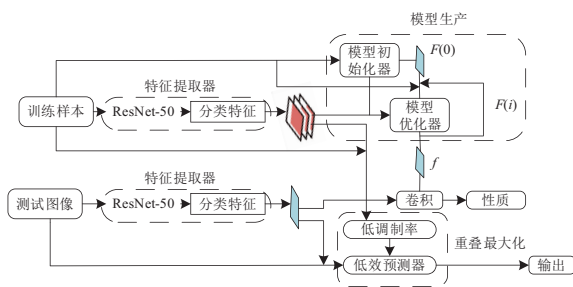


图 3 DiMP 网络框架

由图 3 可知,DiMP 网络框架是基于判别式学习方法,通过增量学习机制,不断适应目标外观的变化,并避免遗忘。DiMP 网络框架融合了颜色、纹理、形状及高层次语义等多特征,进行高效表达。这种设计构建了一个包含特征提取、判别、增量学习以及预测与更新模块的简洁高效结构。在应对复杂背景和目标多变的运输情况时,DiMP 网络能够展现出高精度跟踪的能力,保障了实时性,并且表现出良好的适应性优势^[22-23]。在进行目标跟踪时,需要在视频序列的第一帧中手动或自动选择一个初始的目标区域,这个区域定义了跟踪的起始点^[24]。同时起始点也作为可参考的图像帧,将后续帧定义为测试帧,得到的目标位置如式(4)所示

$$S_{\text{test}} = X_{\text{test}} * F_{\text{new}} \quad (4)$$

式中: S_{test} 为目标位置的响应图; X_{test} 为测试帧的特征; $*$ 为特征间的相关操作; F_{new} 为分类滤波器。在每一帧中,网络会使用新的特征数据来更新模

型,以反映目标的最新外观和位置。将测试帧的特征与模型进行比较,生成响应图,确定目标的最终位置。在输出目标边界框后,研究使用基于椭圆形掩码的目标深度学习匹配法来实现目标的深度感知。其中,椭圆短轴如式(5)所示

$$a = \lambda w \quad (5)$$

式中: a 代表椭圆的短轴; w 代表目标边界框的宽度; λ 表示掩码尺度系数,用于调节椭圆区域范围。椭圆长轴如式(6)所示

$$b = \lambda h \quad (6)$$

式中: b 代表椭圆的长轴; h 代表目标边界框的高度。得到的深度图如式(7)所示

$$D_{\text{new}}(x, y) = D(x, y) \cdot M(x, y) \quad (7)$$

式中: $D_{\text{new}}(x, y)$ 表示筛选后的目标深度图; $D(x, y)$ 表示原始深度图像; $M(x, y)$ 表示椭圆掩码矩阵。当像素点位于目标区域内时, $M(x, y)$ 为 1,否则 $M(x, y)$ 为 0。最后循环进行跟踪步骤,对视频序列的每一帧都进行处理,实现实时跟踪。在机器人面对相似干扰物时,能够凭借更为细致且深层次的特征分析,准确分拣目标与背景中的其他相似物体,避免跟错目标。同时在遭遇部分遮挡的状况下,机器人也可基于目标已有的特征信息以及过往的跟踪轨迹进行合理推测,结合多帧图像的综合分析,在目标再次出现时迅速重新精准锁定,保障跟踪的连贯性。而 PLC 技术在其中起着关键的协调作用,通过接收并预处理视觉传感器传来的图像数据,按照预设的逻辑规则将经过初步处理的数据传递给基于视觉的目标跟踪算法模块^[25-26]。在算法模块完成目标跟踪计算后,会把目标的位置、状态等关键信息反馈给 PLC。PLC 再根据这些反馈结果,精准控制运输机器人的执行部件,确保机器人在复杂环境下依然能够朝着目标稳定、高效地行进,实现精准运输。由此可充分发挥两者结合所带来的优势,提升目标识别与跟踪的整体效果。

2 基于 PLC 技术和目标跟踪的运输机器人目标识别方法检测

为验证基于 PLC 技术和目标跟踪的运输机器人目标识别方法的准确性、稳定性以及实时性,评估方法在实际运输场景中的可行性和有效性。本文选用 ABB 机器人为研究对象,选择西门子 PLC 控制器和 HMI 人机界面,采用以太网通信方式。

研究准备了 12 种常见的目标或其包装作为

目标样本,包括不同形状、颜色、尺寸的水果箱、蔬菜筐、粮食麻袋等,确保了目标样本具有一定的代表性,能够涵盖实际运输中可能遇到的各类目标情况。选择一个模拟目标运输环境的场地,包括室内仓库或者室外的目标转运区域。场地内设置不同光线变化的场景区域,以此来模拟复杂多变的实际运输环境。对比传统和本文方法,得到在不同光线条件下不同目标类型的识别准确率,如图 4 所示。

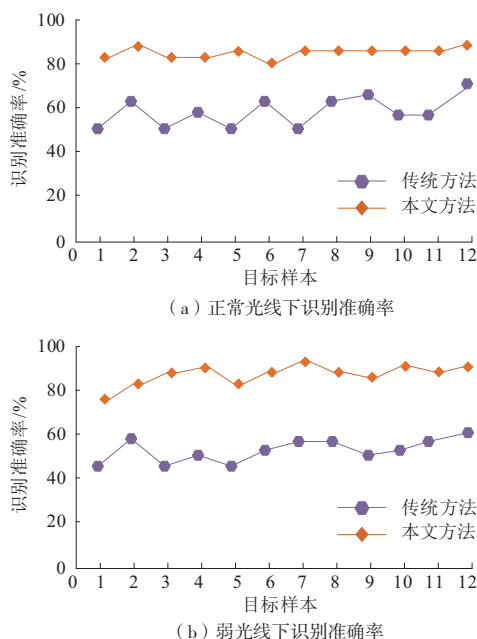


图 4 目标识别率

由图 4 可知,在不同光线条件下,传统方法和本文方法对于不同样本类型的识别准确率有所差异。由图 4(a)可知,在正常光线下,本文方法的识别准确率更高,平均为 92.3%,相比传统方法提高了 12.4 个百分点。表明本文方法在常规环境下已经展现出了卓越的性能,能为运输机器人更高效准确地锁定目标提供有力保障。由图 4(b)可知,在弱光线条件下,传统方法的识别准确率进一步降低,而本文方法虽然有所变化,但整体的平均识别率仍在 85% 以上,相比传统方法提高了 18.5 个百分点。在特征信息不完整时,本文方法也能依据过往的跟踪轨迹以及其他相关线索准确锁定目标,从而使得整体的识别准确率不至于出现大幅度的下降,保证了运输机器人在弱光场景下也能较为可靠地识别目标。由研究结果可知,本文方法相较于传统方法在不同光线条件下展现出了明显的优势,尤其在应对光线变化带来的挑战时具备更强的适应性和鲁棒性。在不同光线条件下,

对于不同目标类型的跟踪稳定性如图 5 所示。

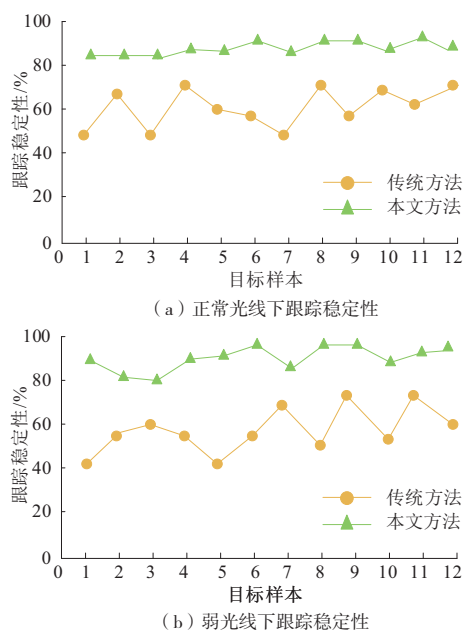


图 5 跟踪稳定性

由图 5 可知,在不同光线条件下,两种方法对于不同样本类型的跟踪稳定性表现不同。由图 5(a)可知,在正常光线下,本文方法的跟踪稳定性平均值为 93.7%,相比于传统方法提高了 18.6 个百分点,且在不同样本上的表现更加稳定。由图 5(b)可知,在弱光线条件下,传统方法的平均跟踪稳定性为 68.3%,在不同样本上表现差距较大。而本文方法平均跟踪准确率为 91.7%,相比传统方法提高了 23.4 个百分点。由研究结果可知,无论是正常光线还是弱光线条件,本文方法在跟踪稳定性方面的卓越表现都证明了其在运输机器人目标跟踪应用中的可靠性和先进性,能够确保目标准确、及时地被送达指定地点。

3 结语

针对运输机器人目标识别问题,本文开展了基于 PLC 技术和目标跟踪的运输机器人目标识别方法分析。过程中,深入分析了运输机器人中 PLC 技术的作用,引入了 DiMP 单目标跟踪算法,进一步提升了在复杂环境下的目标跟踪性能。通过收集和处理传感器数据,利用多传感器数据融合逻辑,提高了目标识别的准确性和可靠性,最终提出了一种新的运输机器人目标识别方法。研究结果表明:本文方法的正常光识别准确率平均为 92.3%,相比传统方法提高了 12.4 个百分点;跟踪稳定性平均值为 93.7%,相比于传统方法提高了

18.6 个百分点;弱光下平均识别率仍在 85%以上,相比传统方法提高了 18.5 个百分点。这充分证明了本文方法在不同光线条件下均具有优越的识别准确率和跟踪稳定性,尤其在应对光线变化带来的挑战时表现出更强的适应性和鲁棒性。然而,研究在影响因素分析方面仍有提升空间,后续可以进一步深入探讨,以期达到更优的识别效果。

参考文献:

- [1] 杨龙. 基于农业电气自动化的大棚智能控温系统设计[J]. 农机化研究, 2024, 46(1): 116-119, 125.
- [2] 魏玮, 王丽佳. 智慧农业自动化灌溉技术在塑料大棚与灌溉浇地中的应用[J]. 塑料工业, 2023, 51(6): 199.
- [3] 陆红飞, 王涛, 乔冬梅, 等. 物联网在农业灌溉中的应用: 从灌溉自动化到智慧灌溉[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(1): 87-99.
- [4] 代国威, 胡林, 樊景超, 等. 基于 GLCM 特征提取和投票分类模型的马铃薯早、晚疫病检测[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(8): 185-192.
- [5] 王博文, 张万豪, 冯青春. 面向番茄自动整枝的茎秆夹持力学特性测量与分析[J]. 农机化研究, 2023, 45(12): 157-163.
- [6] 李萍萍, 韩建刚, 陈欣, 等. 我国设施生态农业主要模式及配套技术的研究与实践[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2024, 50(2): 149-160.
- [7] 赵付山, 安鲁陵, 岳烜德, 等. 矫形力与垫片补偿对复合材料装配结构变形及螺栓夹紧力的影响[J]. 机械制造与自动化, 2024, 53(4): 42-47.
- [8] 武乐, 李益楠, 孔德信, 等. 基于 Snakemake 的 RNA-seq 数据自动化分析流程 RNApipe[J]. 华中农业大学学报, 2022, 41(6): 143-151.
- [9] 汤腾飞, 沈漪枫, 叶伟, 等. 基于多目标均衡优化的 2PRU&1PRS-XY 型混联机器人尺度设计方法[J]. 农业机械学报, 2024, 55(4): 440-451.
- [10] Usigbe M J, Asem - Hiablie S, Uyeh D D, et al. Enhancing resilience in agricultural production systems with AI - based technologies [J]. Environment, Development and Sustainability, 2024, 26 (9): 21955-21983.
- [11] 陈仁祥, 邱天然, 杨黎霞, 等. 改进 YOLOv7 的服务机器人密集遮挡目标识别[J]. 光学 精密工程, 2024, 32(10): 1595-1605.
- [12] 杨森, 郭宁, 张寿明. 不确定性条件下农业微电网与灌溉系统相结合的鲁棒优化调度[J]. 上海交通大学学报, 2024, 58(9): 1432-1442.
- [13] 陈娃容, 曹建华, 范博, 等. 基于 PLC 的橡胶树皮非线性力学性能探测装置设计与试验[J]. 热带作物学报, 2024, 45(8): 1705-1713.
- [14] 付辰伏, 任力生, 王芳. 自动化场景区分下 FABF-YOLOv8s 轻量化肉牛行为识别方法[J]. 农业工程学报, 2024, 40(15): 152-163.
- [15] 赵博, 张巍朋, 苑严伟, 等. 农业装备运维与作业服务管理信息化技术研究进展[J]. 农业机械学报, 2023, 54(12): 1-26.
- [16] 毛方, 马君桥, 童华仁. 基于 YOLO v4-tiny 的草莓采摘机器人识别抓取方法研究[J]. 江苏农业科学, 2025, 53(20): 69-78.
- [17] 梁宏宇, 闫坤, 郝航勃. 基于深度学习的自动拾取网球机器人[J]. 电子测量技术, 2026, 49(3): 213-222.
- [18] 许翔虎, 袁敏鑫, 程泽元, 等. 基于自校正照明网络的苹果采摘机器人夜间目标识别方法[J]. 农业机械学报, 2025, 56(8): 447-457.
- [19] 王宵, 胡宁宁, 张鹏程, 等. 基于双目视觉的四足机器人环境感知研究[J]. 火力与指挥控制, 2025, 50(7): 192-198, 207.
- [20] 戴瑞成, 董翔, 赵璧, 等. 基于混合深度学习的变电站巡检机器人目标识别算法研究[J]. 智慧电力, 2025, 53(3): 117-123.
- [21] 田咏麟, 赵英杰, 张啸, 等. 机器人智能制造中的非线性目标跟踪控制[J]. 控制工程, 2025, 32(10): 1806-1812.
- [22] 喻奇志, 程亮, 江云华, 等. 基于全景相机的水上智能救生系统目标识别与定位[J]. 中国测试, 2025, 51(10): 107-114.
- [23] 刘佳, 栗文龙, 陈大鹏, 等. 结合时空注意力的视触融合目标识别方法[J]. 计算机工程与应用, 2025, 61(18): 175-186.
- [24] 范江波. 基于嵌入式系统的采摘机器人作业控制研究[J]. 农机化研究, 2025, 47(6): 53-57, 77.
- [25] 王熙来, 邓晓燕, 郭晓婷. 基于改进卡尔曼滤波的移动机器人目标识别与定位研究[J]. 机床与液压, 2024, 52(16): 26-31.
- [26] 张宏博, 王帅钦, 李发伟, 等. 模板抛光机器人三维视觉识别方法[J]. 机械设计与制造, 2025(2): 339-342.

收稿日期: 2024 - 12 - 30