

基于 ResNet 模型的智能物料分拣系统设计

张 柱, 刘海龙

(湖南铁道职业技术学院, 湖南 株洲 412000)

摘要:设计并实现了一种高效的智能物料分拣系统,集成了图像采集技术、图像处理算法以及深度学习中的残差网络识别技术,构建了一个精准智能的自动化平台。系统利用工业相机实时捕获物料信息,通过预处理优化识别效果。借助 OpenCV 进行图像特征提取,预训练的 ResNet 模型则确保了对各类物料的高精度识别。识别结果传递给 PLC,由其驱动分拣机构完成自动化分类。此外,系统还配备了实时数据反馈机制,监控分拣流程,确保系统运行的连续性与稳定性。

关键词:物料分拣;深度学习;残差网络;OpenCV;PLC

中图分类号:TP273

文章编号:1000-0682(2025)03-0020-04

文献标识码:A

DOI:10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2025.03.004

Design of intelligent material sorting system based on ResNet

ZHANG Zhu, LIU Hailong

(Hunan Railway Professional Technology College, Hunan Zhuzhou 412000, China)

Abstract:This article designs and implements an efficient intelligent material sorting system that integrates image acquisition technology, image processing algorithms, and residual network recognition technology in deep learning, constructing a precise and intelligent automation platform. The system uses industrial cameras to capture material information in real time, and optimizes the recognition effect through pre-processing. With OpenCV for image feature extraction, the pre-trained ResNet model ensures high-precision identification of various materials. The recognition results are passed to the PLC, which drives the sorting mechanism to complete the automatic classification. In addition, the system is equipped with a real-time data feedback mechanism to monitor the sorting process and ensure the continuity and stability of the system operation.

Keywords:material sorting; deep learning; Residual Network; OpenCV; PLC

0 引言

智能分拣技术,旨在通过集成先进的物联网、大数据和人工智能等前沿技术^[1-4],实现对物料的高效、精准及自动化分拣。随着制造业的飞速发展,物料分拣作为生产流程中的关键环节,其分拣效率与准确性直接关系到整个生产线的运行效率与产品质量。文献[5]探讨了利用机器视觉技术来识别物料

的类型,该方法主要依赖于物料的颜色特征进行分拣。文献[6]则引入了视觉标定技术,以引导机器人对简单轮廓类型的物料进行精准分拣。

当前,基于深度学习^[7-9]的智能物料分拣技术,以其高效率、卓越准确性及高度灵活性的显著优势,成为现代工业自动化的重要组成部分。它能够从海量数据中自动提取特征和学习规律,并据此进行精准的预测与决策,从而实现对物料特征的高精度识别与分类,无论是复杂的形状、轮廓或颜色,还是细微的条形码或二维码信息^[10],都能迅速准确地捕捉与处理。

该文设计并实现了基于残差网络(Residual Network,简称 ResNet)架构的智能物料分拣系统,该系统通过集成先进的图像采集与处理技术、OpenCV 图像处理库的高效算法^[11-13],以及深度学习模型的强大识别能力,构建了一个从图像采集到物料识别、

收稿日期:2024-09-27

基金项目:湖南省教育厅科学研究项目“基于改进 MeanShift 算法的全景视觉目标跟踪研究”(23C0816)

第一作者:张柱(1989—),男,湖南湘潭人,硕士研究生,讲师,研究方向为机器视觉。E-mail:450451067@qq.com。

通信作者:刘海龙(1986—),男,江西赣州人,硕士研究生,副教授,研究方向为自动化及工业机器人技术。

再到自动分拣的完整流程。系统首先利用高分辨率的工业相机实时采集生产线上不同物料的图像并经过预处理步骤,以提高后续识别的准确性。紧接着,系统在 Python 平台上调用 OpenCV 库,对预处理后的图像进行进一步分析。在此基础上,结合深度学习 ResNet 模型^[14],对大量标注好的物料图像进行训练,使模型能够学习到物料之间的细微差异,从而实现高精度的物料识别。最后,系统将识别结果实时传输给 PLC,PLC 根据接收到的数据指令,控制分拣机构进行分拣操作,将不同物料准确无误地分类至指定位置。这一过程不仅实现了物料分拣的自动化,还通过实时数据反馈机制,确保了分拣过程的连续性和稳定性。

1 智能物料分拣系统设计

智能物料分拣系统由 5 大模块构成,系统框图如图 1 所示。

(1) 图像采集与处理:工业相机捕获物料图像,并立即进行预处理;

(2) 智能识别:集成图像预处理与深度特征学习,构建并优化物料分类模型,实现精准识别;

(3) PLC 总控中心:通过 TCP 协议与 PC、相机等设备对接,并协调执行机构与触摸屏的交互;

(4) 人机交互界面:触摸屏直观展示识别与分拣状态,提供用户友好操作体验;

(5) 自动化分拣机构:电机驱动传送带精准定位物料,智能识别后,推料杆迅速执行分拣任务。

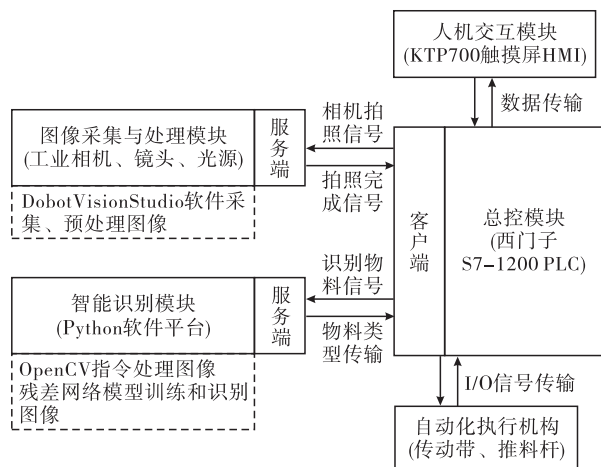


图 1 智能物料分拣系统框图

2 硬件设计

2.1 视觉检测单元

视觉检测单元采用映美精 DFK 33UR0521 工业

相机,该相机作为一款高性能的工业相机,采用 CMOS 传感器技术与 USB 3.0 高速接口。为适配合适的安装位置与检测场景,镜头选用 12 mm 焦距。同时,采用 1 个高效白色环形光源与 2 个辅助白色条形光源的组合方案,以优化光照条件,进一步提升图像质量。视觉检测单元硬件如图 2 所示。



传感器尺寸:1/2.5"CMOS
有效像素:500万
色彩:彩色
像元尺寸:2.2×2.2um
帧率/分辨率:44.7fps@2592*1944
数据接口:USB3.0
焦距镜头:12 mm

图 2 视觉检测单元硬件

2.2 控制单元

2.2.1 总控模块

系统采用西门子 SIMATIC S7 - 1200 系列的 CPU 1214C DC/DC/DC 作为总控模块,如图 3 所示。PLC 配备了 14 个数字输入端口、10 个数字输出端口以及 2 个模拟量输入端口。为了构建高效的工业网络,PLC 通过 TCP 通信协议以客户端身份运行,而 PC 机、相机等设备则作为服务端接入网络,实现数据的交互与远程控制。

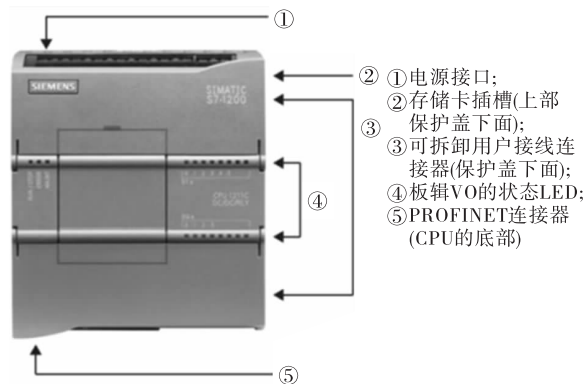


图 3 西门子 SIMATIC S7 - 1200 PLC

2.2.2 交互模块

系统集成了 KTP700 Basic PN 触摸屏,作为人机交互界面,通过交换机与 PLC 及网络中的其他设备进行数据的高速传输,进一步提升了系统的操作便捷性和监控实时性。

2.2.3 执行模块

控制单元集成传送带、红外传感器、气缸与推料杆等部件,自动化处理物料传送与分拣过程。电机驱动传送带稳定输送物料,红外传感器实时追踪物料位置,即时向 PLC 报告。PLC 发送信号协调相机拍摄,确保图像采集精准高效。随后,气缸与推料杆

依据识别结果,精准推送物料完成分类,全面升级物料分拣流程的自动化与智能化水平。

3 软件设计

3.1 图像处理设计

为高效地在复杂场景中自动定位并处理目标区域,系统运用 DobotVisionStudio 视觉处理软件采集和处理图像,如图 4 所示。包括快速匹配算法以精准识别,位置修正技术确保定位准确,以及仿射变换方法调整图像视角,从而实现感兴趣区域的精确捕捉与优化。

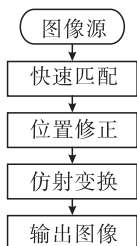


图 4 DobotVisionStudio 软件图像处理流程

最终将处理完成的图像保存至指定目录,为后续深度学习模型的训练与推理识别提供高质量的数据支持。图像处理效果如图 5 所示。

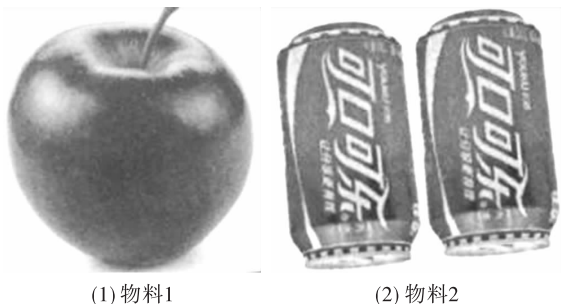


图 5 图像处理效果

3.2 图像识别设计

3.2.1 模型训练

在 Python 平台上,利用 OpenCV 库中的指令对采集的图像进一步处理,包括调整图像的分辨率、转换图像为灰度值、以及执行图像旋转等操作。接着,结合深度学习 ResNet 模型,对分类好的物料图像进行训练。

ResNet 是深度学习中的一个经典模型,由计算机视觉研究者 Kaiming He 等人提出。通过引入残差连接的概念,解决了神经网络在训练过程中可能遇到的梯度消失或梯度爆炸问题。模型训练过程包括模型加载与参数初始化、模型修改、设置损失函数与优化器、学习率调度器以及模型训练与保存等。ResNet 模型训练过程如下:

```

model_ft = torchvision.models.resnet18 #加载网络结构
model_ft.load_state_dict #加载网络参数
num_fts = model_ft.fc.in_features #提取参数
model_ft.fc = nn.Linear
model_ft = model_ft.to(device) #全连接层分类
criterion = nn.CrossEntropyLoss() #损失函数
optimizer_ft = optim.SGD #初始化优化器
exp_lr_scheduler = lr_scheduler.StepLR #衰减
model_ft = train_model #训练模型
  
```

3.2.2 物料识别

将训练好的 ResNet 模型部署到生产环境中,使用 OpenCV 库按照模型训练时所使用的相同预处理步骤对图像进行处理,随后通过训练好的 ResNet 模型进行推理,以识别图像中的物料。物料识别指令如下:

```

image = cv2.imread #读取图片
label,pred_class = modelpre(image)#模型推理
showResult(label,pred_class)#显示结果
  
```

3.3 控制与通信程序设计

将西门子 S7-1200 PLC 作为系统的核心控制中心,PLC 通过 TCP 协议实现各模块之间的通信。将 PLC 设置为 TCP 客户端,而 PC 机和相机则作为 TCP 服务端。PLC 与相机的 TCP 连接如图 6 所示。

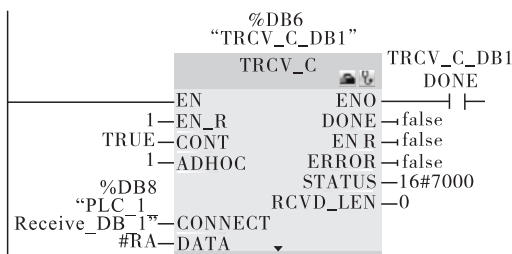


图 6 PLC 与相机的 TCP 连接

PLC 不仅负责实现 TCP 通信协议,确保数据传输与交互,还能够实时采集并处理来自各类传感器的数据,对传送带电机及推料杆等执行设备进行控制。

4 实验

系统利用方形彩色图案模拟 8 种物料类型,如图 7 所示。将物料置于相机视角中,每种物料在不同位置、姿态及亮度条件下采集 120 张图像。经处理后用深度学习技术训练出识别模型。在系统运行时,物料经传送带输送至相机下方视角中,系统快速采集、处理并识别物料,随后将物料信息传递给

PLC。PLC 根据识别结果对物料进行分类,并将实时数据展示在触摸屏上,以便监控与管理。



图7 物料类型

为验证识别的准确性,系统运行过程中,每种物料采集了 200 个样本,实时记录物料的识别情况,并计算出每个物料的识别率和误判率,测试数据如表 1 所示。除面包出现一次误判情况外,其他物料均能够达到准确识别,说明系统的准确率非常高,能够达到工业生产需求。

表 1 测试数据

物料类型	样本/个	正确数/个	误判数/个	误判率/%
医用手套	200	200	0	0.0
医用口罩	200	200	0	0.0
口罩	200	200	0	0.0
防护服	200	200	0	0.0
方便面	200	200	0	0.0
矿泉水	200	200	0	0.0
香肠	200	200	0	0.0
面包	200	199	1	0.5

5 结语

该文设计并实现了一种基于 ResNet 模型的智能物料分拣系统,通过集成先进的图像处理技术与深度学习模型,实现了从图像采集到自动分拣的闭环控制。实验结果表明,该系统识别精度高,有效提升了物料分拣的自动化水平。该系统不仅满足了工业生产中高效、精准的需求,还通过实时数据反馈机制保障了分拣流程的连续与可靠。

参考文献:

[1] 王瑞东,王睿,张天栋,等. 机器人脑智能研究综述

[J]. 自动化学报,2024,50(08):1485-1501.

- [2] 李鹏,余涛,李立涅,等. 电力人工智能的演变与展望——从专业智能走向通用智能[J]. 电力系统自动化,2024,48(16):1-17.
- [3] 王萍,王陈欣,朱璇. 基于自动化方法的教育人工智能系统设计与应用[J]. 中国电化教育,2020(06):7-15.
- [4] 杨睿. 基于 PLC 的气动搬运机械手自动控制系统设计[J]. 工业仪表与自动化装置,2024(04):13-16.
- [5] 杨利,谢永超. 基于 PLC 和机器视觉的工件自动分拣系统设计[J]. 工业仪表与自动化装置,2022(01):48-51.
- [6] 张卫芬,汤文成. 基于机器视觉的物料自动分拣系统研究[J]. 组合机床与自动化加工技术,2019(06):34-37.
- [7] 郭庆梅,刘宁波,王中训,等. 基于深度学习的目标检测算法综述[J]. 探测与控制学报,2023,45(06):10-20+26.
- [8] 刘晨,叶浩,张德龙,等. 基于深度学习的智能车行驶控制系统设计与实现[J]. 电子器件,2023,46(06):1645-1651.
- [9] 张阳婷,黄德启,王东伟,等. 基于深度学习的目标检测算法研究与应用综述[J]. 计算机工程与应用,2023,59(18):1-13.
- [10] 王正家,庄健,肖喆,等. 基于改进 Swin Transformer 的条码检测算法[J]. 机械设计与研究,2024,40(03):245-249.
- [11] 金伟其,李力,王霞. 热成像模式及其图像处理技术的研究与应用[J]. 光学学报,2023,43(15):142-154.
- [12] 陈红,王代强. 基于 OpenCV 的高精度视觉测量系统设计[J]. 工具技术,2022,56(07):128-132.
- [13] 黄昊天. Matlab-OpenCV 双目测距系统设计研究[J]. 核电子学与探测技术,2023,43(03):650-655.
- [14] 刘广,李海旭,侯腾,等. 基于检索任务和改进 ResNet 的机场跑道异物目标识别方法[J]. 计算机应用,2024,44(S1):309-313.