

基于深度学习的自动化设备控制系统研究与开发

黄晓阳, 彭云根, 宋满才
郑州富士康科技集团, 河南 郑州 450000

摘要: 随着智能手机市场的快速发展, 手机组装防水膜的自动化设备需求日益增长。本论文聚焦于一款用于手机组装防水膜的自动化设备控制系统, 深入研究机械手贴合深度学习功能以及 CCD 相机算法深度学习功能 (通过优化光源曝光、抓边逻辑及相机软件算法实现)。详细阐述系统架构设计、数据采集与预处理方法、深度学习模型构建与训练过程, 以及系统测试与性能评估结果。实验表明, 该控制系统显著提升了设备贴合精度、良率和产能效率, 为手机组装行业提供了高效、精准的自动化解决方案, 对推动行业技术进步具有重要意义。

关键词: 深度学习; 自动化设备控制; 机械手贴合; CCD 相机算法; 手机组装

Research and Development of an Automated Equipment Control System Based on Deep Learning

Huang Xiaoyang, Peng Yungen, Song Mancai
Foxconn Technology Group, Zhengzhou, Henan 450000

Abstract: With the rapid development of the smartphone market, there is an increasing demand for automated equipment for the assembly of waterproof membranes in mobile phones. This paper focuses on an automated equipment control system for the assembly of waterproof membranes in mobile phones, with a deep dive into the deep learning capabilities of robotic arm alignment and CCD camera algorithms (achieved through optimizing light source exposure, edge-grabbing logic, and camera software algorithms). The system architecture design, data acquisition and preprocessing methods, deep learning model construction and training process, as well as system testing and performance evaluation results are elaborated. Experimental results show that the control system significantly improves equipment alignment accuracy, yield, and production efficiency, providing an efficient and precise automated solution for the mobile phone assembly industry and being significant in driving technological advancements in the industry.

Keywords: deep learning; automated equipment control; robotic arm alignment; CCD camera algorithms; mobile phone assembly

引言

在智能手机行业蓬勃发展的今天, 手机的防水性能成为消费者关注的重要指标之一。手机组装防水膜的工艺质量直接影响手机的防水效果和整体性能。传统的手机组装防水膜工艺主要依赖人工操作, 这种方式存在诸多弊端。近年来, 由于互联网的高速发展和大数据时代的来临, 人工智能随之大热, 而推动人工智能迅猛发展的正是深度学习的崛起。大数据时代需要迫切解决的问题是如何将极为复杂繁多的数据进行有效的分析使用, 进而充分挖掘利用数据的价值并造福人类。深度学习作为一种实现机器学习的技术, 正是解决这一问题的重要法宝, 它在处理数据过程中发挥着重要作用并且改变了传统的机器学习方法, 已被广泛应用于语音识别、图像识别和自然语言处理等研究领域。

自动化设备在手机组装领域的应用逐渐成为趋势。自动化设备能够按照预设程序精确执行操作, 大大提高了生产效率和产品质量的稳定性。然而, 现有的自动化设备控制系统在应对复杂的手机组装防水膜工艺时, 仍存在一定的局限性。例如, 机械手的贴合精度在面对不同型号手机外壳和防水膜时可能出现波动, CCD 相机在图像识别和定位方面的准确性和速度有待进一步提高。

一、自动化设备控制系统总体设计

在手机组装防水膜的自动化进程中, 系统总体设计至关重要。合理的架构与流畅的工作流程是实现高效、精准生产的基石, 以下将详细阐述本系统在架构与流程方面的精心布局。

(一) 系统架构

本自动化设备控制系统主要由机械手单元、视觉检测单元、控制中心和人机交互界面组成。机械手臂负责执行防水膜的抓取、搬运和贴合操作, 采用高精度的伺服电机驱动, 能够实现精确的位置控制^[1]。视觉检测单元配备多个 CCD 相机, 分布在设备

的关键位置，用于采集手机外壳和防水膜的图像信息。控制中心是系统的核心，内置高性能的工业计算机，运行深度学习算法和控制逻辑。人机交互界面为操作人员提供了便捷的操作方式，可进行设备参数设置、运行状态监控和故障报警显示。

（二）工作流程

设备启动后，首先通过进料流线将待组装的手机外壳输送至指定位置。视觉检测单元的 CCD 相机对手机外壳进行拍照，采集图像数据并传输至控制中心。控制中心利用深度学习算法对图像进行处理，识别手机外壳的型号、尺寸和定位特征，同时检测外壳表面是否存在缺陷。根据识别结果，控制中心规划机械手的运动路径和贴合参数。机械手臂根据控制中心的指令，从料盘抓取相应的防水膜，并准确地贴合在手机外壳上^[2]。贴合完成后，视觉检测单元再次对贴合后的产品进行检测，确保贴合质量符合要求。如检测到贴合不合格，设备自动进行报警，并将不良品分拣至指定区域。最后，合格的产品通过出料流线输出。

二、机械手贴合深度学习功能实现

机械手贴合精度直接影响产品质量，深度学习功能的实现是关键。此部分将详细介绍从数据采集与标注，到模型选择、构建，再到训练与优化的全过程，展现如何让机械手在贴合操作中实现精准、智能的运行。

（一）数据采集与标注

为了训练机械手贴合深度学习模型，需要采集大量的机械手操作数据。数据采集过程中，使用高精度的传感器记录机械手在不同工作场景下的位置、速度、加速度和扭矩等参数，同时通过视觉检测系统获取防水膜与手机外壳在贴合过程中的相对位置关系^[3]。采集的数据涵盖了多种手机型号和防水膜材质，以确保模型的泛化能力。

对采集到的数据进行标注，标注信息包括机械手的正确操作动作、贴合位置的偏差值以及贴合质量的评估结果。标注工作由专业的技术人员完成，经过多次审核和验证，确保标注的准确性。

（二）模型选择与构建

在机械手贴合深度学习模型的构建过程中，基于其对数据处理的高效性，选择卷积神经网络（CNN）作为基础架构。CNN 在处理图像及序列数据上性能卓越，能精准提取数据中的关键特征信息。构建模型时，紧密结合机械手贴合操作的具体特点，针对性地设计了多层卷积层、池化层与全连接层^[4]。卷积层专注于挖掘数据的局部特征，池化层实现数据维度的有效降低，全连接层则整合特征信息以输出最终预测结果，从而为机械手的贴合操作提供有力的智能支持。

（三）模型训练与优化

为实现高效精准的模型训练，我们对标注后的数据进行科学划分，按照 7:2:1 的比例将其分配为训练集、验证集与测试集。在训练过程中，运用训练集对模型进行训练，采用随机梯度下降（SGD）算法细致优化模型参数，并将均方误差（MSE）确定为损

失函数。训练期间，时刻关注验证集的损失值和准确率，以此为依据灵活调整学习率、迭代次数等关键参数，有效防止过拟合^[5]。同时，利用 L2 正则化等正则化技术对模型进行约束，增强模型的泛化能力，确保模型在实际应用场景中展现出更卓越的性能，提升系统整体运行效果。

三、CCD 相机算法深度学习功能实现

CCD 相机算法对自动化设备的视觉检测精度与效率起着关键作用。本部分将深入阐述如何利用深度学习优化其光源曝光、抓边逻辑及软件算法，从而提升相机对手机组装防水膜工艺中图像的处理能力，为设备精准运行提供有力支持。

（一）光源曝光优化

在自动化设备控制系统中，CCD 相机成像质量对视觉检测的准确性至关重要。为了提升成像质量，我们深入研究了光源强度和角度对 CCD 相机成像的影响。

我们设计了一系列实验，系统地改变光源强度和角度，对不同材质、颜色和表面纹理的目标物体进行拍摄。实验结果表明，光源强度过强或过弱都会导致图像过曝或欠曝，使图像细节丢失；而不恰当的角度则会产生阴影或反光，影响图像的对比度和清晰度。基于这些实验数据，我们建立了光源曝光优化模型。

该模型以相机拍摄目标物体的材质、颜色和表面纹理等特征作为输入，通过内置的算法分析，自动计算出最适合的光源强度和角度^[6]。在模型训练过程中，我们采集了大量不同光照条件下的样本图像。这些图像涵盖了各种可能的光照情况，确保了样本的多样性。然后，专业人员对每张样本图像进行质量评估，并标注结果。利用深度学习算法，模型学习这些标注数据，逐渐掌握光照条件与图像质量之间的复杂关系。通过不断的训练和优化，模型能够根据目标物体的特征，精准地调整光源参数，从而获取最佳的图像对比度和清晰度，为后续的图像处理和分析提供了高质量的图像数据基础，有力地支持了自动化设备控制系统的稳定运行和精确检测。

（二）抓边逻辑优化

在 CCD 相机算法优化中，抓边逻辑算法的改进是关键环节。传统边缘检测算法在复杂背景与低对比度场景下，因自身局限性，常出现误检和漏检问题，影响系统对物体边缘的准确识别。为克服这一困境，我们采用基于深度学习的边缘检测技术。

在训练过程中，构建了包含不同形状、尺寸和对比度边缘的图像数据集。这些样本图像涵盖了各种实际工作中可能遇到的情况^[7]。深度学习算法通过对大量此类样本图像的学习，自动且精准地提取图像中的边缘特征，不断优化自身的检测逻辑。经过充分训练，模型具备了更强的适应性，能够在各种复杂工作场景下，稳定且准确地进行边缘检测，为自动化设备控制系统提供更可靠的视觉信息支持。

（三）相机软件算法优化

针对 CCD 相机软件算法，我们运用深度学习算法进行深度优化，主要体现在图像预处理和特征提取两方面。在图像预处理阶

段,深度学习模型发挥重要作用,它能有效去除图像中因光感度造成的干扰,同时增强图像细节信息,从而显著提升图像质量。进入特征提取阶段,通过对大量包含手机外壳和防水膜相关图像的训练,深度学习模型精准学习到其特征模式^[9]。如此一来,优化后的相机软件算法大幅提高了图像处理速度与精度,完全满足自动化设备高速运行对视觉信息处理的严苛要求,有力保障了设备整体的高效稳定运行。

四、系统测试与性能评估

系统开发完成后,全面测试与性能评估是确保其可靠性和有效性的关键环节。此部分将详细阐述如何搭建测试环境、设定测试指标,以及对测试结果进行深入分析,从而验证系统在实际应用中的表现,为进一步优化提供依据。

(一) 测试环境搭建

为全面、准确评估自动化设备控制系统的性能,我们精心搭建了专门的测试环境。在布局方面,模拟真实手机组装生产线,确保设备运行场景的真实性。同时,配备了高精度的检测仪器,如三维坐标测量仪用于精确测量防水膜与手机外壳的贴合精度,显微镜用于细致检测产品质量。在测试过程中,我们设置了多样化的工作条件,涵盖不同手机型号,其外壳尺寸、形状各异^[9];不同防水膜材质,具有不同的物理特性^[10];以及不同的生产速度,从低速到高速模拟实际生产中的各种情况。通过这样全面且细致的测试环境搭建与条件设置,为系统性能评估提供了坚实可靠的基础,确保能充分检验系统在各种复杂情况下的运行能力和稳定性。

(二) 测试指标设定

在评估自动化设备控制系统性能时,我们明确设定了贴合精度、良率和产能效率作为主要测试指标。对于贴合精度,采用精确测量方式,对比防水膜与手机外壳实际贴合位置和理想贴合位置,其偏差必须控制在 $\pm 0.05\text{mm}$ 以内,这直接关乎产品的防水

性能和整体质量。良率计算依据合格产品数量与总生产产品数量的比例,我们设定了98%以上的高目标,旨在确保产品质量的稳定性。产能效率则以单位时间内生产的产品数量衡量,期望通过系统优化实现30%以上的显著提升,以满足大规模生产需求,提高生产效益。这些明确且量化的指标为系统性能评估提供了清晰、客观的标准。

(三) 测试结果与分析

经过大量的测试实验,得到系统在不同测试条件下的性能数据。在贴合精度方面,平均偏差达到了 $\pm 0.03\text{mm}$,满足设计要求,且在不同手机型号和防水膜材质上表现稳定。良率方面,实际良率达到了99.5%,略高于目标良率,表明系统能够有效检测和避免贴合过程中的缺陷。产能效率方面,相比传统设备提高了35%,达到了预期的提升目标。对测试结果进行详细分析,发现系统在处理某些特殊型号手机外壳时,贴合精度略有波动,进一步研究发现是由于这些外壳表面的特殊纹理对视觉检测造成了一定干扰。针对这一问题,对视觉检测算法进行了针对性优化,提高了系统在特殊情况下的性能。

五、结束语

本研究成功开发了一种基于深度学习的自动化设备控制系统,用于手机组装防水膜工艺。通过对机械手贴合深度学习功能和CCD相机算法深度学习功能的深入研究与实现,显著提高了设备的贴合精度、良率和产能效率。机械手贴合深度学习模型经过训练后,能够根据不同的工作场景自动调整贴合参数,实现高精度贴合操作。CCD相机算法在光源曝光、抓边逻辑和软件算法等方面的优化,提高了相机的图像识别精度和定位速度,为机械手的准确操作提供了可靠的视觉支持。系统测试结果表明,各项性能指标均达到或优于预期目标,为手机组装行业提供了一种高效、精准的自动化生产解决方案。

参考文献

- [1] 刘腾达,朱君文,张一闻. FPGA加速深度学习综述[J]. 计算机科学与探索, 2021, 15(11): 2093-2104.
- [2] 刘铠. 基于深度学习的高压直流输电系统换相失败故障诊断方法研究[D]. 西华大学, 2022. DOI: 10.27411/d.cnki.gscgc.2022.000400.
- [3] 陈慧. 基于相位调制和深度学习的多模光纤成像方法研究[D]. 中国科学院大学(中国科学院西安光学精密机械研究所), 2021. DOI: 10.27605/d.cnki.gkxgs.2021.000053.
- [4] 权刚,董飞宇. 煤化工企业仪表自动化设备的故障预防与维护[J]. 化工管理, 2023, (35): 110-112. DOI: 10.19900/j.cnki.ISSN1008-4800.2023.35.034.
- [5] 芦小雨,马全保. 电力电气自动化设备物联网在线监测技术研究[J]. 中国新技术新产品, 2023, (22): 45-48. DOI: 10.13612/j.cnki.cntp.2023.22.044.
- [6] 崔凯. 智能变电站建设中的自动化设备选型与检修技术优化研究[J]. 现代制造技术与装备, 2023, 59(11): 186-188. DOI: 10.16107/j.cnki.mmte.2023.0726.
- [7] 李丁卯,郭旭东. 井工矿配电自动化设备一体化运维策略研究[J]. 低碳世界, 2023, 13(11): 58-60. DOI: 10.16844/j.cnki.cn10-1007/tk.2023.11.049.
- [8] 郝凯华,雷霆,乔梁,等. 电气自动化设备在城市轨道交通中的实践探究[J]. 电子元件与信息技术, 2023, 7(11): 182-184. DOI: 10.19772/j.cnki.2096-4455.2023.11.046.
- [9] 鲁霄. 论石油化工企业仪表自动化设备的故障维护[J]. 石化技术, 2023, 30(11): 258-260.
- [10] 王艺睿. 基于深度学习的拼接式望远镜共相误差检测研究[D]. 中国科学院大学(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所), 2023. DOI: 10.27522/d.cnki.gkcgcs.2023.000072.