

基于 AI 视觉的智能在线检测系统

吴敦钊 栗移新 章亮

江铃汽车股份有限公司

DOI:10.12238/pe.v2i6.10464

[摘要] 随着汽车更新迭代加速及个性化需求的增加,导致产品种类越来越多,生产线上相似零件数量也快速增加,零件的防错管理和过程检验更加困难,因此需要利用人工智能技术在生产线上部署多个智能实时在线检测站点替代传统人工检验的工作,达到自动识别和拦截错装混装的车辆,弥补人工检验的不足。本系统是由一系列软硬件配置搭建而成,包括网络摄像头、应用服务器、视觉检测系统、数据管理系统等,系统使用了边缘计算与私有云联合部署的方法,以及使用数据集自动标注并自动完成模型的持续改进与迭代。本系统可有效降低装配错误率为企业带来较大经济效益。

[关键词] 汽车; 视觉; 智能; 在线检测

中图分类号: F407.471 **文献标识码:** A

Intelligent online detection system based on AI vision

Dunzhao Wu Yixin Li Liang Zhang

Jiangling Motors Co., Ltd.

[Abstract] With the acceleration of automotive updates and the increasing demand for personalization, there are more and more product types, and similar parts on the production line are rapidly increasing. The error prevention management and process inspection of parts are also more difficult. Therefore, it is necessary to use artificial intelligence technology to deploy multiple intelligent real-time online inspection stations on the production line to replace the traditional manual inspection work, achieve automatic recognition and interception of vehicles with mixed loading and unloading, and make up for the shortcomings of manual inspection. This system is built by a series of software and hardware configurations, including webcam, application server, visual inspection system, data management system, etc. The system uses the method of joint deployment of edge computing and private cloud, and uses data sets to automatically label and automatically complete continuous improvement and iteration of models. This system can effectively reduce assembly error rates and bring significant economic benefits to enterprises.

[Key words] automobiles; Visual; intelligence; Online detection

随着中国汽车产业尤其是新能源汽车行业的崛起,越来越多的新系列、新产品被开发出来并建立生产线。在产品种类越来越丰富的情况下,汽车制造行业出现了因为零件相似度高,据统计,某车间一条60JPH的总装产线中高风险相似件有205种,包括4000多个零件(不同图号),且多数零件的外观上存在一些细微区别,装配过程极易装配错误零件。虽然针对此情况,工厂投入大量检验人员使用传统的检验纠错方法(采用人工目视检测的方法),在产线附近安排随时跟踪检测,发现问题后及时报警。这个方法可以一定程度上降低装配错误率,但是完全靠人工识别比较困难而且会产生大量的人力成本。更重要的是人无法100%准确的记住大量的差异化特征及相应的车型匹配需求,导致从产线流出的不合格产品,是生产错误的产品进入市场后会

给企业造成经济损失。

为了更好的解决装配错误的检测问题,国内外的研究者们将机器视觉技术引入到汽车制造行业。包括“采用设计一种基于YOLOv5s算法的制动器防错检测方法。在制动器零件装配过程中,通过摄像头监测装配画面,提取视频帧图片输送给检测系统,运用YOLOv5s算法识别图片中的零件,实时检测所装配零件类别,将检测信息储存并判断装配流程是否正确”^[1],但是该方案只能实现识别功能,无法完成报警功能,也无法与产线相关。此方案缺乏可部署性。还有“选用CMOS工业相机和光源在装配线上搭建视觉检测平台.利用C#和Emgu CV计算机视觉库开发检测软件,结合机器视觉理论和算法,提出了以面积周长比值快速检测圆形轮廓的方法,通过检测卡簧的双耳圆孔轮廓并计

算圆心距离判断卡簧是否漏装错装”^[2],此方案实现了卡簧装配防错检测的功能并与产线系统相交互,实现了有效部署,但是此方案使用的是传统的机器视觉及图像处理方案,只能解决简单的图像识别问题,缺乏扩展应用的能力。

在本文中我们提出一种基于AI视觉的智能在线检测系统,此系统不仅能够实现实时识别、分割,同时还能够实现与汽车生产产线深度交互,显示检测状态,报警提示,记录检测数据结果等复杂功能。

本系统包括目标检测、图像分类、图像分割等智能检测算法。常用的目标检测和图像分类算法包括:第一类是传统方法如Viola-Jones算法、HOG算法、DPM算法等,传统算法受限于视角、环境、光照影响等因素使得识别率较低,因此现在已逐步退出主流应用。第二类是二阶段检测器方法如R-CNN^[3]系列算法、FPN^[4]等,二阶段检测器算法在检测精度上大大提高,已经能满足工程应用上的要求,但是二阶段检测器算法存在着训练需要资源大,推理速度慢的缺点。图像分割的应用分为三类:包括语义分割、实例分割、全景分割。

本文使用高性能的目标检测、图像分类、图像分割等智能检测算法,配合网络摄像头、工控机、服务器等硬件设备,实现错装混装车辆的检测、报警、拦截等功能。

1 AI视觉智能在线检测系统软硬件框架搭建

本系统是由一系列软硬件配置搭建而成,硬件系统包括网络摄像头、应用服务器、视觉服务器、交换机、显示终端、PLC、协作机器人等,每个模块承担相应的角色作用,主要如下:(1)网络摄像头主要负责图像实时采集功能,在项目前期,由网络摄像头采集零件的图像以备后续的标注使用。在项目部署完成后,摄像头负责为识别网络提供图像数据。(2)应用服务器负责系统的整体运行,其在显示端显示一个操作界面,在此界面可以实现系统的运行、设置、查看等功能,同时应用服务器还负责数据收发功能。(3)视觉服务器负责与图像识别相关的功能,在部署前期采集识别目标的图像,采集后的图像数据标注,识别模型的模型训练,训练结束后将模型部署到位以及产线生产时实时检测等功能。(4)交换机的作用主要是用来实现系统各部分之间的通信功能,例如相机与视觉服务器之间的通信,视觉服务器与应用服务器之间的通信,应用服务器与PLC之间的通信。由于图像信号数据量较大,因此本系统使用千兆网络交换机实施通信。(5)显示终端包括两类:一类是电视看板,电视看板主要用来显示实时的检测结果及系统运行状态,让操作人员能够实时知晓产线的运行情况;另一类是触控查询一体机,触控查询一体机主要用来操作本系统,包括设置识别的点位,识别哪些目标,还可以查询过往识别结果等。触控查询一体机是产线操作人员与系统交互的主要渠道。(6)PLC的功能包括两部分:一部分是控制产线流转,另一部分是与视觉识别检测系统通信,通过传递识别开始信号使得视觉识别系统开始识别目标零件,同时在识别之后接收视觉服务器发回的识别信息以判断装配的零件是否正确,若错误开启声光报警并停止产线流转。同时PLC还接收光栅的信号,

如果光栅被触发,产线也会实时暂停。(7)协作机器人主要负责跟随产线的速度同步进行移动拍照,减少停线拍照检验带来的损失,一般根据工位布置情况设置1~2台。

本系统开发的软件系统包括前端显示及操作界面、后端管理及数据处理系统、视觉检测系统、网络通信系统、数据管理系统等。前端显示及操作界面主要用来从后端抽取视觉识别后的数据并可视化的显示在终端,操作界面通过软按钮等能够将操作人员的设置、查询、运行等指令发送给后端和视觉服务器端,指令通过各种通信协议传递给各终端。后端管理及数据处理系统主要用来运行系统后台程序,包括指令传递、数据传输、数据处理、网络通讯等,可将视觉服务器识别后的信息整理后传递给前端显示界面,也可以将操作人员的指令发送给系统运行程序和视觉服务器运行程序。本系统还与生产系统MES和质量系统QLS无缝集成。本系统在软件架构上包括应用层、平台层、网络层和终端层等。应用层功能包括:实现图像采集、特征提取、模型算法、在线检测、线体控制、数据处理等核心应用。平台层功能包括:与MES集成,连接QLS、连接线体PLC。网络层功能包括:边缘与集群部署结合,利用网络切片和边缘计算技术保证数据传输的实时性、安全性。终端层功能包括:接入视觉引导相机、光电传感器、触摸一体机、工业相机等工业设备。

2 AI视觉智能在线检测系统技术方案

本智能视觉检测系统平台采用账户管理模式,每个操作员分配一个账户,不同等级的账户操作权限不同。比如管理员拥有最高权限,可以分配操作员和观察员权限,可以更改系统平台的后台设置,编辑视觉识别程序,训练及部署模型等。管理员权限一般只有开发者和企业管理者拥有。操作员权限可以编辑视觉识别程序,训练及部署模型等。操作者权限可以分配给产线管理人员和企业的软件程序员。观察员权限只有查看识别结果权限,观察员权限可以分配给产线生产人员使用。

因为本系统使用的是网络摄像机,所以摄像机的连接方式为以太网通讯。系统通过RTSP协议中的IP、账号、密码、通道指令连接到摄像机。管理员和操作员可以自由选择系统连接哪些相机,执行哪些识别程序和识别模型,以及返回结果的内容格式等。本系统中的图像采集采用局部相机与全局相机相结合的方式,可以采集车身局部图像或者车身整体图像。

本系统基于工业安全网络架构与线体设备PLC集成联动,与生产系统MES和质量系统QLS无缝集成。通过与MES集成获取车辆防错件BOM与车辆实时队列;接入协作机器人、光电传感器、触摸一体机、工业相机等设备实时拍照;边缘与集群部署结合,利用网络切片和边缘计算技术保证实时性计算;BOM数据与视觉推理数据实时比对输出结果到显示终端并进行异常声光报警;与QLS集成,将车辆异常发送给QLS进行在线统计并输出到线体PLC做停线控制,最终实现与线体的互锁监控。为提升系统运行效率,持续改进网络结构、调整超参数和使用更先进的优化方法并引入迁移学习和增量学习等技术,如模型压缩、量化、剪枝等技术,以减小模型的尺寸和加速推理过程。

3 AI视觉智能在线检测系统实施及维护

本系统共在主线和分线部署8个相机拍照站点,系统自安装调试完成并上线以来已开发算法57套,训练视觉模型413个,检测准确率达到99.99%,部分零件检测准确率达到100%。每年在线检测车辆 9 万多台,发现错装质量问题40余次,使得质量维修及售后费用年平均减少350万元;同时,提升生产效率,减少检验工人2名,在线质量FTT提升3%,开动率提升2%。本系统不仅提高了检测效率和检测精度,提升了整体生产效率,减少了运营成本。场景整体投入小,收益大,经济效益突出。

调试过程中,样本数据的收集受多个因素的影响,包括收集样本品种及各类最低数量,样本拍照清晰度,光照强度,拍照角度及位置等,通过不断地调试摸索实践,并经验总结出样本数据的采样规范,编制了《AI视觉样本数据采样标准》,为后续新增零件或新增车型防错的需求,铺平道路,少走弯路。

过程中建立了在线视觉检测质量问题处理流程,在系统报警后第一时间信息传递及与产线生产管理及质量技术人员的互动,保障故障车辆信息受控且在未得到确认和修正前产品不流出下一环节转移,造成更大的返工和经济损失。同时编制检验员工和装配工操作指导书并进行相关人员的全员培训宣贯。

作为一个新的AI视觉智能在线诊断系统,对工厂车间的设备维护人员也是新挑战,没有历史经验借鉴及相关知识的匮乏,任何系统故障的发生,如没有及时的介入和快速的处理解决,将对产线及质量稳健监控带来极大的风险。因此,为更好的帮助设备维修及系统工程师深入理解本视觉诊断系统并对其后期量产阶段的持续熟练维护,编制了管理程序《AI视觉检验管理维护流程》,建立编制视觉硬件维护维修标准手册,并对机修工进行培训指导。

4 AI 视觉智能在线检测系统技术创新

4.1场景创新:边缘计算与私有云联合部署

根据检测试剂检测需求不同,分为固定式(安装固定工业相机拍摄)和协作式(在协作机器人上安装工业相机拍摄)。软件由驱动层、数据层(算法层)、管理层、应用层,其中驱动层和数据

层部署在线边的边缘服务器,满足低时延的要求,管理层和应用层部署于中心机房应用服务器,统一架构管理。

4.2模式创新:基于AI视觉算法自优化

AI算法模型基于Paddle、Pytorch、Tensorflow深度学习框架训练学习,该平台具备将实时采集零件图像按照模型标记点数据集进行自动标注或注释,以提供自适应训练和自学习的样本,完成模型的持续改进与迭代。该平台可以自适应将模型进行压缩、量化、剪枝处理,以减小模型的尺寸和加速推理过程,释放服务器算力资源。

5 结论

本AI视觉智能在线检测系统平台实现了汽车生产线错装混装零部件实时识别及报警功能。同时该平台还能够实现用户管理,相机管理,图像采集,模型训练、部署、检测等功能,满足了汽车生产企业自主定义的查错纠错需求。为汽车生产企业减少大量经济损失、降低人力成本,达到提高产品质量,增加企业经济效益。本系统平台具有通用性,建成后可以快速扩展至其他工厂产线,仅需添加硬件和采集样本训练模型,投入成本很小,因此具有普遍推广价值,可为行业内其他同类型企业提供参考借鉴。

[参考文献]

- [1]李武波,黄利,刘兴,等.基于YOLOv5s算法的汽车零件防错装检测系统[J].机电工程技术,2023,52(2):261-264.
- [2]任永强,杜瑞,李军.基于机器视觉的差速器卡簧装配防错检测研究[J].制造技术与机床,2018(1):5.
- [3]Girshick R,Donahue J,Darrell T,etal.Rich Feature Hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation[J].IEEE Computer Society,2014.
- [4]Lin T Y,Dollar P,Girshick R,etal.Feature Pyramid Networks for Object Detection[J].IEEE Computer Society,2017.

作者简介:

吴敦钊(1983--),男,汉族,江西南昌人,武汉理工大学工程硕士,汽车制造总工。