

5G+MEC 在家电业机器视觉检测系统中的应用*

王超,鲁效平,刘伦明,孙明,景大智,于晓义

(青岛海尔工业智能研究院有限公司,山东 青岛 266500)

摘要: 为了解决家电业依赖人工进行外观质量检测的长期痛点,将 5G+MEC 的机器视觉关键技术进行创新应用,构建了智能化产品表面质量检测系统。检测系统以云边协同模式运营,支持图片和视频的边缘端推理,云端算法终端下载部署,支持异构计算,实时性高。系统基于决策分析工具、人工智能、大数据分析等技术对采集的数据进行综合管理及应用。同时,关联企业 MES、SCADA、WMS 等系统,集成生产端数据、物料数据、市场追踪反馈数据,实现产品全生命周期的数据互联及质量追溯。

关键词: 检测系统;家电业;机器视觉;5G;MEC

中图分类号: TP399

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.222601

中文引用格式: 王超,鲁效平,刘伦明,等. 5G+MEC 在家电业机器视觉检测系统中的应用[J]. 电子技术应用, 2022, 48(12): 84-88.

英文引用格式: Wang Chao, Lu Xiaoping, Liu Lunming, et al. Application of 5G+MEC in machine vision inspection system of household appliance industry[J]. Application of Electronic Technique, 2022, 48(12): 84-88.

Application of 5G+MEC in machine vision inspection system
of household appliance industry

Wang Chao, Lu Xiaoping, Liu Lunming, Sun Ming, Jing Dazhi, Yu Xiaoyi

(Qingdao Haier Institute of Industrial Intelligence Co., Ltd., Qingdao 266500, China)

Abstract: In order to solve the long-term pain point that the household appliance industry relies on manual appearance quality inspection, this paper innovatively applies the key technology of 5G + MEC machine vision, and constructs an intelligent product surface quality inspection system. The detection system operates in the cloud side collaboration mode, supports edge reasoning of pictures and videos download and deployment of cloud algorithm terminals, supports heterogeneous computing, and has high real-time performance. The system comprehensively manages and applies the collected data based on decision analysis tools, artificial intelligence, big data analysis and other technologies. At the same time, the system is associated with MES, SCADA, WMS and other systems of enterprises, and integrates production end data, material data and market tracking feedback data, which can realize data interconnection and quality traceability in the whole life cycle of products.

Key words: detection system; household-appliance business; machine vision; 5G; MEC

0 引言

随着“中国智造 2025”和“工业 4.0”等概念的提出,技术创新带来的深刻变革快速推动经济的发展和科技进步,同时制造业对自动化、智能化生产模式的需求日益增长。在家电制造过程中,由于生产、装配、原材料等因素造成产品缺陷一直是困扰企业的重要问题^[1]。家电产品在生产过程中需要员工对产品的质量进行终检确定,以防不良产品流至市场,中间环节涉及附件贴标型号确定、产品表面划痕、产品性能及安全测试、产品下线前的主要附件防差错等质检环节,分散在不同的工

位,需要 3~4 位员工完成。传统的质量检测主要依靠人工进行抽检,存在漏检、误检、检验标准不统一等问题;家电产品型号多,外观检测内容事项多,完全依赖质检员经验,感官难衡量;质检数据无存档,导致售后问题难以回溯、定责^[2]。

传统工业网络目前已经无法满足企业质量检测向数字化智能化转型的需要,多数情况下数据和控制信号传输采用线缆来传输。但由于工业现场的复杂多样,检测系统的数据传输往往会遇到困难,即使采用 Wi-Fi 或其他工业无线技术,稳定性和时延又得不到保障。无线传输的普适性也受制于工厂复杂的现场环境,一是工厂环境电磁环境复杂,无线网络的干扰源较多;二是工业特

* 基金项目:山东省重点研发计划(重大科技创新工程)(2020CXGC010103)

殊工位的通信周期、同步精度要求苛刻,可靠性 99.999% 甚至更高,目前无线通信技术还无法满足此类需求;三是有限空间内传感、控制、作业等大量设备需要同时接入工业互联网,对无线网络的接入能力提出较高要求^[3-4]。

本文结合家电制造业质量检测的实际情况,利用 5G、AI、边缘计算(MEC)等相关技术搭建了智能化产品质量检测系统,最后进行云化方案实施。系统基于 5G+MEC、视觉检测技术,搭配机械手实现多功能柔性检测及自动化安全性能测试;同时还关联企业 SCADA、MES、WMS 等系统,集成生产端数据、物料数据、市场追踪反馈数据,实现产品全生命周期的数据互联及质量追溯。

1 5G+MEC 技术的应用优势

不同于其他产品的外观质量检测,由于家电产品体积大,如果仅仅采用机器人带动工业相机检测,则整个过程线缆容易损耗,造成停机;同时工控机的孤岛检测结果数据无法充分利用;且算法在本地易破解,无法实现共享。5G 技术发展切合了传统制造企业在质量检测智能化转型过程中对无线网络的应用需求,其高带宽、低延时的特性,能更好满足工业环境下设备互联和远程交互等需求,并且为边缘计算、云边结合等发展提供有力支撑^[5]。5G 网络相比有线网络、Wi-Fi 或 4G 网络具有更高的可靠性、移动性和灵活性,并降低网络的整体部署和运维成本。采用 5G 边缘计算的机器视觉,“网线辫子”、工控机取消,取而代之的是集成了 5G 模组的工业相机,现场部署轻量化,算法上移到边缘计算可实现数据、算法的多工位共享,整体投资大大降低^[6]。

以 5G+MEC 边缘计算能力为网络基础,可为工厂提供灵活的计算能力。企业生产管理系统可以根据不同的业务需要,通过 MEP 平台直接调用 MEC 的强计算、AI 等能力满足自己对硬件服务器的要求,从而替代本地服务器^[7]。基于 5G+MEC 打造“虚拟 5G 专网”,在确保生产网络安全和生产数据安全的同时也保证了应用对于网络时延 ms 级的要求。通过基于 5G+MEC 的机器视觉关键技术的应用,可以解决家电质量检测过程中的以下问题:

- (1)标准统一:统一检测标准,通过 AI 检测算法满足产线对划痕、脏污、凹坑、掉漆等缺陷的检测要求;
- (2)柔性检测:满足柔性生产的需求,全型号匹配,通过维护软件检测模板,检测系统根据产品型号自动匹配,调取相关型号检测参数;
- (3)实时保存:通过工业相机和 5G 网络实时保存检测对象,分类分时存储;
- (4)实时反馈:通过人机界面和全覆盖 5G 网络实时分享检测数据,并接入质量系统,真正做到质量到人、实时到人;
- (5)算法共享:使用 5G 技术,算法实时,远程迭代。

2 5G+MEC 的云化应用部署方案

5G 边缘计算+机器视觉检测系统一方面将工业相

机部署在生产线,视觉算法部署在工厂 MEC,检测模板设计部署在企业云端,通过端、边、云互相协同发挥各自优势,实现相机设备、视觉算法等本地分离,创建新模式。视觉算法在 MEC 上实现了虚拟化部署,以后的算法升级、相机管理等可以远程云端处理。当机器视觉云化后,相关算法可以从本地存储改为 MEC 端存储,实现本地设备的轻量级、标准化部署。当产线需要更新模型或算法升级时,可随时通过 5G 网络将提前训练好的检测模型和算法实时推送给工厂,通过云、边、端的实时交互,保障生产不中断,并实现整个维护和更换过程的快速更新^[8]。

另一方面,将传统孤立视觉系统(包含视觉控制器、视觉应用软件、工业相机)转化为集中处理+分布采集和控制模式,多个工位不同的视觉检测工程同时在 MEC 侧运行,并将检测结果返回到工位控制端。该方式可将多个相同工位的检测结果汇集成数据库,为生产工艺进行改进提供基础数据,对缺陷类型、缺陷原因进行深入研究,为产线升级改造提供改进意见,保证精密制造,优质出品,减少废品^[9]。具体部署方案如图 1 所示。

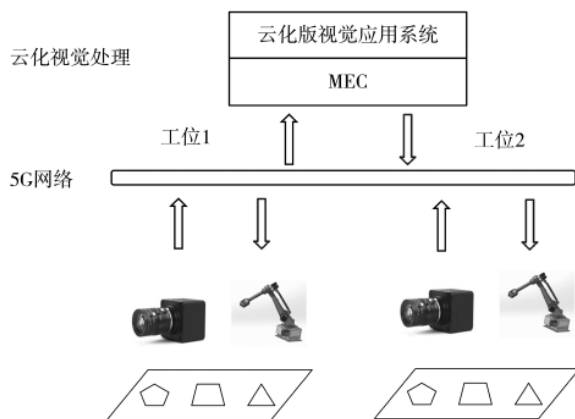


图 1 5G+MEC 的云化应用部署方案

3 基于 5G+MEC 的机器视觉检测系统

3.1 5G+MEC 检测系统互联架构

5G+MEC 检测系统融合架构有效地将 MEC 网络架构结合为 5G 构建边缘网络及业务应用能力,其本质是“联接+计算”,具体互联架构如图 2 所示。系统的整个网络主要是针对不同的场景,例如检测、测量、定位引导,搭配不同的相机、镜头、光源、图像采集卡及硬件支架等,组成前端采集系统,主要是通过图像处理器对采集的图像进行信息化处理。处理后的图像通过 5G 专网上传到人工智能云平台分析,通过机器学习算法对成品照片与合格样品进行比对,利用历史数据训练深度学习图像分类模型,并使用人工智能模型对待检测的产品进行错、漏、反自动化检测,不符合条件的产品自动判定不良,系统记录不良信息并控制自动排出,处理结果反馈给控制机构等,同时将检测端数据反馈至 SCADA、MES、WMS 等系统^[10]。该系统融合多数据系统的数据,对

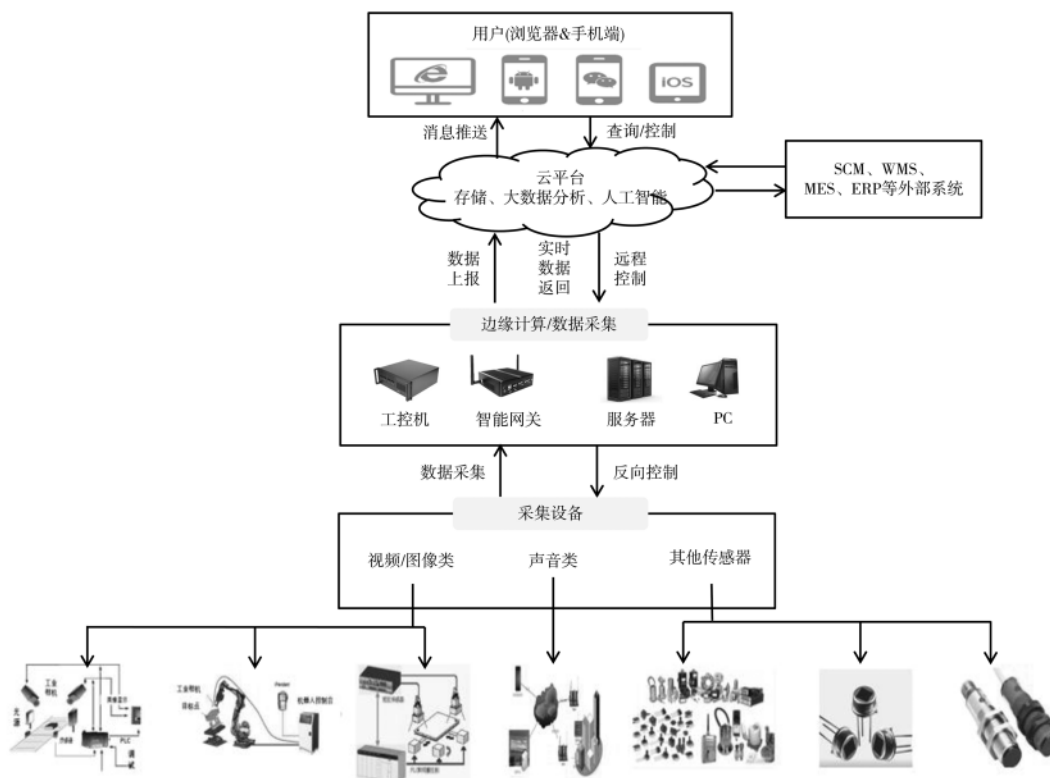


图2 检测系统互联架构

数据进行清洗分析,最后根据不同用户群体,开发不同应用 APP,用于数据的分析应用,例如产品质量问题追溯客户端等。

3.2 检测系统的数据处理体系

在人工智能及大数据快速发展的时期,数据是企业未来核心资产。而生产质量数据是产品生命周期的最直接表达,可以用于产品质量追溯,基于大数据的分析可以用于生产线改造及产品工艺改进等。5G+MEC 的产品质量智能化检测系统是基于视觉检测技术,搭配机械手实现多功能柔性检测及自动化安全性能测试。系统过程检测数据与 MES 系统数据相关联,集成产品生产端数据、产品物料数据、市场追踪反馈数据,实现产品全生命周期的数据互联及质量追溯^[11]。同时,系统还可以对市场质量反馈进行自动分析及判定,一键式提供给员工此产品的所有生产过程数据,提供可靠的质量评定结果。具体数据处理体系如图3所示。

(1)数据采集层

如图4所示,检测系统主要分析处理三大类数据:采集端实时数据、生产实时数据及相关业务数据。其中采集端实时数据由系统通过接口和协议自动采集,如现场端的产品 RFID 码,以及相机采集的图像、视频流及点云数据等;生产实时数据是指系统中分析识别检测结果,如缺陷大小及位置信息、NG/OK 信号、尺寸长度等;业务数据则是与系统相关的工位检测点信息、检测日期信息等,以及物料信息等。

(2)数据存储层

产品生产过程中涉及的主关件信息、检测结果数据及监测图像需要进行留存、数据互联,以便于产品质量追溯。家电产品的生产数据、产品质量识别分析数据以及市场反馈数据,涉及到高分辨率图像、视频等,存储区的存储数据范围较广,可同时支持关系型数据存储和分布式大数据存储。其支持包括分布式文件系统(HDFS)、行式数据库(Hive)、分布式列存储(HBASE)、关系型数据库混合的大数据存储架构^[12]。通过混合存储的方式可满足大数据分析应用的数据存储需要。

(3)数据应用层

数据应用层基于决策分析工具、人工智能技术、大数据分析技术等平台和技术对采集的数据进行综合管理及应用,包括:提供大数据检索服务、数据管理服务、可视化展示、产线生产质量决策支持、产品表面质量检测、产品生产状态跟踪、市场质量问题的闭环追溯与工艺优化等。

3.3 关键创新点

5G+MEC 的智能检测系统将有效地将 MEC 网络架构结合为 5G 构建边缘网络及业务应用能力,其本质是“联接+计算”,其创新性主要表现在基于 MEC 的固移融合、企业分流的创新、基于 MEC 的网络能力开放以及 5G+边缘计算智能网关技术创新。

(1)基于 MEC 的固移融合

考虑到未来将会是一个 4G、5G、Wi-Fi 以及固定接

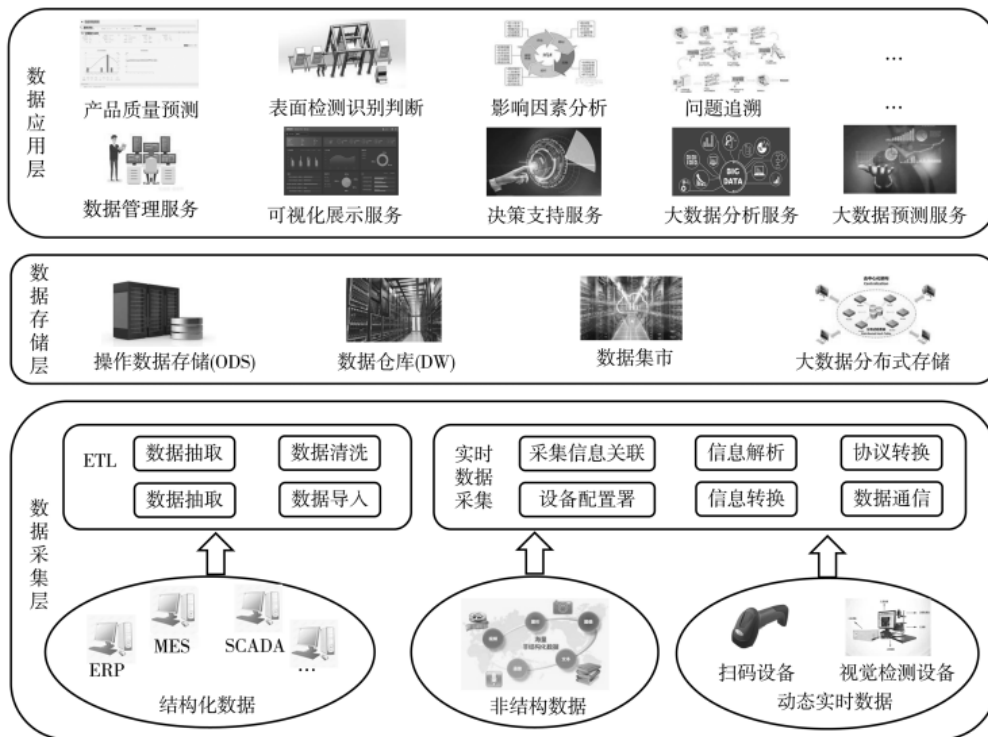


图3 检测系统数据处理体系

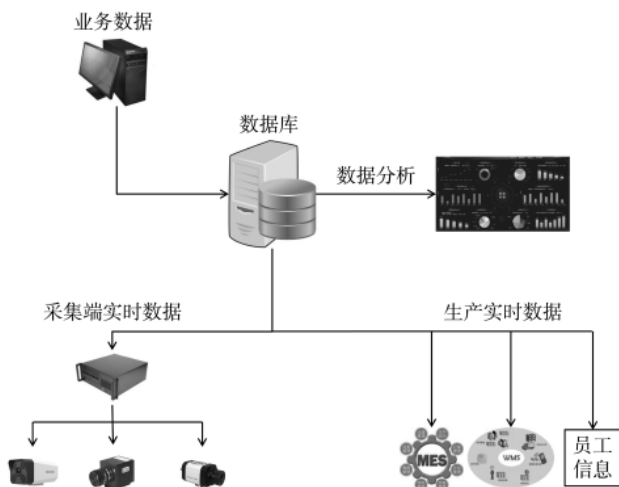


图4 系统采集数据分类

入等多个网络融合的架构,采用固定宽带链路分担5G高吞吐量要求对于移动网络回传带宽要求的压力成为一个重点关注的内容。MEC可以根据检测业务访问请求,根据其所部署的位置、业务带宽、速率等需求选择合适的回传链路,从而实现基于MEC的多网络协同管理,实现接入网络与回传网络的解耦,提高网络资源利用率。

(2)企业分流的创新

移动边缘计算的解决方案可将企业内部的网络流量进行本地分流,基于5G核心网的C/U分离式架构,用户功能(User Plane Function, UPF)下沉到网络边缘部署,以减少传输时延,实现数据流量的本地分流。对于非本

地流量则通过本地UPF发送到中心UPF处理,可避免所有流量都迂回中心网络,减轻骨干网传输的压力和建网成本,提升网内分组数据的承载效率^[13]。

(3)基于MEC的网络能力开放

MEC在网络边缘的部署,为无线网络信息的实时感知获取提供了便利条件,根据检测业务需求,感知获取网络上下文信息,并通过分析处理形成MEC平台具备的网络能力,同时通过开放接口的研究及标准化,加速创新型业务应用的开发及上线,打造良好的MEC产业生态链^[14]。

(4)5G+边缘计算智能网关技术创新性分析

边缘智能网关由基于标准协议兼容的智能网关操作系统和数据采集板卡组成,能够将两种设备或产品通过协议转换的方式或方法实现相同协议或者不同协议之间的互联互通,实现异构网络的通信,能够连接相同或不同通信协议、数据格式、语言甚至体系结构的两种标准协议^[15]。其特点是基于ARM处理器和自主知识产权嵌入式实时内核的智能数据采集系统,支持数十种PLC的采集,支持十余种主流数控系统的数据采集,该系统的投入使用将工业现场数据采集项目的实施难度降低60%,维护成本降低90%。

4 应用成果

基于5G+MEC的智能化检测系统在减少人员作业强度的同时,以机器换人,更高效、更稳定地提高生产速度和产品质量,对检测的缺陷综合识别率提高,工作效率提升,同时为企业注入新科技,提升企业的竞争力,给

企业带来真正意义上的生产自动化,以及质量控制标准化、品质化和自动化。该系统已在某家电企业实现转化推广,应用效果很好,质量不良产品检出率提升 30%,减少因质量问题返厂维修带来的成本浪费 1.5 亿元;同时生产效率提升 10%,降低人工成本 235 万元/年,直接经济效益和社会效益显著。

5 结论

随着人工智能技术的发展,提升产线自动化、生产智能化、数据数字化是智能制造的发展方向,迫切需要完善产品生产周期的“生产档案”。基于 5G+MEC 的智能化质量检测检测系统通过 5G 大带宽、MEC、切片等技术,让家电企业产品检测模式产生变化,减少低效环节,有效提高企业生产效率以及产品质量,降低企业人工成本,提升产业链协作效率。同时,系统融合 MES 系统数据、产品物料数据、市场反馈追踪数据,形成产品全生命周期质量追溯体系,可智能判定分析市场质量反馈,给员工提供有理有据的产品质量评定结果,进而有效降低产品质量纠纷。

参考文献

- [1] 马洪源,肖子玉,卜忠贵,等.5G 边缘计算技术及应用展望[J].电信科学,2019,35(6):114-123.
- [2] 吕小兵,李守卿,罗飞,等.基于 5G 和边缘计算技术的智能仓储数字化管理平台[J].装备制造技术,2020(12):195-198.
- [3] 陈娟,黄梓阳.基于 5G 与 MEC 的高校图书馆网络规划与应用服务构建[J].无线互联科技,2021,18(13):33-35.
- [4] 肖刚,葛屺.基于深度学习的机器视觉在制造业质量检测中的应用研究[J].数据,2021(12):56-60.
- [5] 董石磊,赵婧博.面向工业场景的 5G 专网解决方案研究[J].电信科学,2021,37(11):97-103.

- [6] 陈晓敏,赵涛涛,袁雪腾,等.“5G+工业互联网”时代的高端装备智能制造[J].南通大学学报(自然科学版),2021,20(3):1-12.
- [7] 夏文霞,庞伶俐,李冬冬,等.OPC UA 与 5G 融合在工业测试床的应用[J].制造业自动化,2020,42(7):74-78.
- [8] 刘仁寰.机器视觉技术在工业智能化生产中的应用[J].电子技术,2021,50(8):76-77.
- [9] 顾旭.基于视觉的工件表面质量检测系统的设计与实现[D].沈阳:中国科学院沈阳计算技术研究所,2021.
- [10] 付艳.基于面向 5G 网络的边缘计算技术研究[J].通信技术,2019,52(10):2416-2419.
- [11] 袁宇清,王浩,林泽兵,等.基于 5G 的边缘计算网关及其在电网中的应用[J].自动化应用,2020(6):61-63.
- [12] 陈志宏,王明晓.计算机视觉在智慧安防中的应用[J].电信科学,2021,37(8):142-147.
- [13] 曲岩嵩,张禹.基于视觉的工业产品参数质量检测[J].信息技术与信息化,2021(3):147-149.
- [14] 张维杰,景大智,鲁效平,等.基于 5G+MEC 的工业互联网测试床研究[J].信息通信技术与政策,2020(7):83-87.
- [15] 张呈宇,李红五,屈阳,等.面向工业互联网的 5G 边缘计算发展与应用[J].电信科学,2021,37(1):129-136.

(收稿日期:2022-01-27)

作者简介:

王超(1986-),男,博士,高级工程师,主要研究方向:智能制造、工业互联网及钢铁轧制技术。

鲁效平(1981-),通信作者,男,博士,教授级高级工程师,主要研究方向:智能制造、工业互联网以及新能源机械机电控制,E-mail:wangchao.zyy@haier.com。



扫码下载电子文档

(上接第 83 页)

- [8] 程起泽,陈泽华,张云钦,等.基于 CNN-LSTM 的太阳能光伏组件故障诊断研究[J].电子技术应用,2020,46(4):66-70.
- [9] BAI S, KOLTER J Z, KOLTUN V. An empirical evaluation of generic convolutional and recurrent networks for sequence modeling[J]. arXiv:1803.01271, 2018.
- [10] ZHAO M H, ZHONG S S, FU X Y, et al. Deep residual shrinkage networks for fault diagnosis[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2020, 16(7):4681-4690.
- [11] FANG Y C, LI Y F, TU X K, et al. Face completion with hybrid dilated convolution[J]. Signal Processing: Image Communication, 2020, 80:115664.
- [12] HE K M, ZHANG X Y, REN S P, et al. Identity mappings in deep residual networks[J]. Computer Vision-ECCV 2016, PTIV, 2016, 9908:630-645.
- [13] HE K M, ZHANG X Y, REN S P, et al. Deep residual

learning for image recognition[J]. arXiv:1512.03385, 2015.

- [14] 程起泽.基于深度学习的光伏电站太阳能电池组件故障检测方法[D].太原:太原理工大学,2020.
- [15] KHARGHANIAN R, PEIRAVI A, MORADI F, et al. Pain detection using batch normalized discriminant restricted Boltzmann machine layers[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2021, 76:1047-3203.

(收稿日期:2022-01-22)

作者简介:

李莎(1996-),女,硕士研究生,主要研究方向:工业大数据、人工智能。

陈泽华(1974-),通信作者,女,博士,教授,主要研究方向:智能信息处理与工业大数据、粒计算与知识发现,E-mail:zehuachen@163.com。

刘海军(1972-),男,博士,中级工程师,主要研究方向:可再生能源在平价时代发展方向、低成本发电技术。



扫码下载电子文档

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所