

智能制造算法与系统专题简介

赖剑煌 柏连发 程良伦

智能制造是推进中国制造强国战略的主攻方向，也是推动中国制造业创新发展的重大历史机遇的关键技术。“十四五”期间，我国将全面深入推进智能制造，实现中国制造业的数字化、网络化升级，重塑制造业的技术体系、生产模式、产业形态，并将引领真正意义上的工业4.0。智能制造中的数字化、网络化和智能化是当前值得研究和总结的学术研究的前沿课题。

为了促进我国智能制造相关技术、方法与应用研究的深入开展，及时反映我国学者在相关领域的最新研究进展，《电子与信息学报》邀请业内专家共同策划推出“智能制造算法与系统”专题，主要收录国内学者在相关理论方法、关键技术和典型应用等方面具有创新性、突破性的研究成果。

经过严格的评审，“智能制造算法与系统”专题从49篇征稿中共收录学术论文18篇，内容涉及工业产品表面缺陷的机器视觉检测、智能过程制造的数据解析和机器学习、在线质量预测与修复、工业大数据分析以及智能制造系统优化与控制等相关方向。具体情况如下：

工业产品的机器视觉检测方面有7篇论文，主要涉及光场相机快速标定、产品表面缺陷检测、缺陷图像分割、抗噪的缺陷分类等问题。

(1)《基于改进Res-UNet网络的钢铁表面缺陷图像分割研究》提出一种改进的Res-UNet网络分割算法，相比于经典的UNet算法，组合优化后的Res-UNet网络的Dice系数最多提高了12.64%，达到0.7930，网络训练时间更短，对各类缺陷的分割精准度更优。实验结果表明该文算法在钢铁表面缺陷分割领域具有应用价值。

(2)《面向工业检测的光场相机快速标定研究》针对光场数据量大，现有光场相机标定算法存在速度慢、无法快速校准工业检测中光场相机的参数变化、降低工业检测效率的问题，提出光场相机快速标定算法。实验结果表明，与现有最优标定算法相比，该方法不仅提高平均标定速度70%以上，在现有五个数据集的平均标定时间从101.27 s减少到30.99 s，而且保持标定精度在最优水平，在公开数据集PlenCalCVPR 2013DatasetA的标定误差仅为0.0714 mm。

(3)《基于扇区邻域特征工程的玻璃封装绝缘端子缺陷检测》提出一种基于特征工程的玻璃封装绝缘端子外观质量检测算法。实验结果表明，提出的特征工程方法能够在合理检测时间内取得较好的检测性能，交并比为97.45%，F1为0.987，优于现有类似检测方法。

(4)《基于电子样稿的柔印首件“粗-精”检测方法》针对柔印首件检验没有基准织物图像作为参照的难点问题，提出一种以电子样稿为参照物的柔印首件“粗-精”检测方法。对比实验表明，该文方法的柔印首件检测性能要优于其他织物印刷品缺陷检测方法，其漏检率为0%，误检率为1.3%，平均Dice系数为0.941，且检测时间仅为2.761 s/pcs，满足实际工程的需求。

(5)《基于加权核范数和L2,1范数的最优均值线性分类器》针对数据噪声干扰降低算法对缺陷类别的预测精度的问题，提出了一种新的基于线性判别分析的新的最优均值鲁棒线性分类模型，该模型会自动更新数据的最优均值，从而保证数据的统计特性不会受到噪声的干扰。

(6)《贴片电阻焊点内部空洞缺陷自适应检测》融合局部预拟合(LPF)活动轮廓模型和自适应圆形卷积核，提出一种贴片电阻焊点内部空洞缺陷自适应检测方法。实验结果表明，该文算法相较于其他检测算法性能有明显的提升，平均Dice系数高达0.8846。

(7)《偏光片细微外观缺陷偏振成像检测方法》针对偏光片细微外观缺陷难以成像、难以检测的问题，该文提出一种基于偏振成像的外观缺陷检测新方法。实验结果表明，偏光片外观缺陷平均检出率达到97.3%，平均单个样品检测时间约为0.22 s，基本满足产业化应用要求。

智能制造系统优化与控制的论文6篇主要涉及生产过程的柔性综合调度、非线性时变系统的辨识、生产环节的优化控制等问题。

(1)《基于逆序层优先的柔性综合调度算法》针对以往柔性综合调度算法均考虑正向调度，导致需要考虑目标工序的多紧前工序约束条件，进而难以合理安排相关工序进而影响产品完工时间的问题，提出一种

基于逆序层优先的柔性综合调度算法,该算法在不提高算法复杂度的前提下能够缩短产品完工时间。

(2)《考虑工序序列动态时间紧迫度的逆序贪婪综合调度算法》针对树状结构复杂单产品加工和装配的一般综合调度问题,提出考虑工序序列动态时间紧迫度的逆序贪婪综合调度算法,该算法优化了一般综合调度的结果且效率较高。

(3)《哈默斯坦非线性时变系统的加权学习辨识方法》针对有限区间哈默斯坦(Hammerstein)非线性时变系统,提出一种加权迭代学习算法用以估计系统时变参数。结果表明,与迭代学习最小二乘算法和带遗忘因子迭代学习最小二乘算法相比,加权迭代学习最小二乘算法具有辨识精度高、跟踪误差小以及迭代次数少等优点。

(4)《考虑多工序设备权重的资源协同综合调度算法》针对多品种、小批量复杂产品综合调度研究中,没有考虑加工较多工序设备上的工序间调度空隙会对调度结果产生重要影响的问题,提出考虑多工序设备权重的资源协同综合调度算法,该算法在提高综合调度设备整体利用率和减少复杂产品时间成本等方面,具有更优性。

(5)《存在设备时间限制的两个企业协同的综合调度算法》针对自有加工企业设备使用时间存在限制无法满足产品交货期的综合调度问题,提出存在设备时间限制的两个企业协同的综合调度算法,该算法可以更好地解决加工企业设备使用时间存在限制并带有交货期和收益的企业车间协同综合调度问题。

(6)《面向注塑工艺过程中的注射速度最优操纵混合优化控制方法》针对一类典型的注塑装备中的伺服电机驱动恒泵液压系统,研究了注塑机工作过程中的注射速度最优跟踪控制问题,提出一种高效的基于控制参数化与粒子群优化相结合的混合智能优化控制方法,该算法对于求解注塑工艺过程中注射速度的动态优化问题的可行性和有效性。

智能过程制造的数据解析和机器学习的论文3篇涉及知识图谱构建及缺陷溯因应用、机器人定位和姿势估计等问题。

(1)《基于本体引导的注塑知识图谱构建及缺陷溯因应用》针对大型注塑图谱缺失、成熟标注语料匮乏等导致的工业知识图谱构建代价高昂、质量不高等问题,提出一种基于本体引导的注塑知识图谱构建方法,与已有方法对比,图谱知识正确率高于95%,可快速实现缺陷溯因。

(2)《基于时空混合图卷积网络的机器人定位误差预测及补偿方法》为了提升机器人作业精度,提出一种基于时空混合图卷积网络的机器人定位误差预测及补偿方法,通过实验验证了定位误差预测的准确性以及补偿的效果。

(3)《复杂场景点云数据的6D位姿估计深度学习网络》针对工业上常见的弱纹理、散乱摆放复杂场景下点云目标机器人抓取问题,提出一种6D位姿估计深度学习网络。实验结果和分析证实了,相比于传统的点云配准方法和现有的切分点云的深度学习位姿估计方法,该文所提方法取得了更高的准确率和更稳定性能,并且在估计对称物体位姿时有较强的鲁棒性。

在线质量预测与修复论文1篇。《基于宽度学习的注塑产品质量预测方法》针对数据样本量少、不同类别样本数据不平衡的问题,提出一种基于宽度学习方法的注塑产品质量预测模型(pN-BLS)。实验结果显示pN-BLS具有更快速和更准确的预测效果。在实际缺陷检测应用中,pN-BLS能更准确地预测异常数据,具有更高的鲁棒性。

我们期待广大读者和科技人员通过本期“智能制造算法与系统”专题,能够更深入、更全面地了解该领域的最新方法和应用,吸引更多学者从事相关研究并产生具有国际影响力的优秀成果,为本领域发展做出新的贡献。