

基于深度学习的工业过程质量控制与优化研究

李晓青

山东鲁能特种设备检验检测有限公司 山东临沂

【摘要】 工业生产迈向智能化之际，质量控制与优化需求迫切。本研究运用深度学习技术，深度剖析工业流程数据。借助其精准的模式识别能力，构建模型监测生产异常、预测质量走势并优化工艺。从海量数据中提取关键特征，实现次品的提前预警，动态调控生产参数，有效提升产品质量，降低成本，为工业升级筑牢根基，增强企业市场竞争力。

【关键词】 深度学习；工业过程；质量控制；工艺优化；智能生产

【收稿日期】 2025 年 3 月 5 日

【出刊日期】 2025 年 4 月 6 日

【DOI】 10.12208/j.jer.20250172

Research on quality control and optimization of industrial process based on deep learning

Xiaoqing Li

Shandong Luneng Special Equipment Inspection and Testing Co., Ltd, Linyi, Shandong

【Abstract】 As industrial production moves towards intelligence, the need for quality control and optimization is urgent. This study employs deep learning technology to deeply analyze industrial process data. Leveraging its precise pattern recognition capabilities, it constructs models to monitor production anomalies, predict quality trends, and optimize processes. By extracting key features from massive datasets, it achieves early warnings of defective products, dynamically adjusts production parameters, effectively improves product quality, reduces costs, and lays a solid foundation for industrial upgrading, enhancing corporate market competitiveness.

【Keywords】 Deep learning; Industrial process; Quality control; Process optimization; Intelligent production

引言

当下，全球制造业竞争白热化，产品质量和生产效率成为企业立足之本。传统工业过程控制手段受限于人工经验与简单数据分析，难以应对复杂生产环境的多变需求。随着传感器广泛部署，工业数据呈爆炸式增长，深度学习技术应运而生。它能够自动学习数据内在规律，模拟复杂生产关系。本研究聚焦于将深度学习融入工业流程各环节，旨在破解质量波动难题，挖掘生产潜能，助力企业在数字化浪潮中破局，实现高效、优质生产，推动产业革新。

1 工业数据采集与预处理攻坚

工业现场犹如一座庞大的数据“富矿”，各类传感器星罗棋布，全天候不间断地产出海量数据。这些数据宛如工业生产的“脉搏”，全面涵盖了设备运行状况的细枝末节，如电机的转速、振动频率；环境要素的实时动态，像车间内的温湿度、粉尘浓度；以及原材料特性的关键指标，包括纯度、颗粒度等信息。原始数据

恰似未经雕琢的璞玉，充斥着各类噪声干扰，数据缺失现象也时有发生，并且在格式上呈现出杂乱无章的状态，难以直接用于分析。

搭建高可靠的数据采集架构成为工业数据处理的首要且核心的任务。在这一过程中，需精细斟酌采集频率的设定，过高的频率会导致数据冗余、存储成本飙升，而过低的频率则可能遗漏关键信息^[1]。点位布局也至关重要，要综合考量设备的关键部位、生产流程的关键节点以及环境因素的敏感区域等，力保采集到的数据能够完整、准确地反映工业生产的全貌。在数据采集完成后，运用滤波算法对数据进行初步清洗，滤除因传感器故障、电磁干扰等产生的噪声。针对数据缺失问题，采用插值法，依据数据的时间序列特性或空间分布规律，合理补全缺失值。随后，依照深厚的工业知识，统一数据规格，将不同格式、不同量级的数据转换为标准形式，使其初步具备分析价值。

深度学习模型恰似精密运转的“智能引擎”，高

作者简介：李晓青（1978-）男，汉，江苏江都，助理工程师，大专，研究方向为质量工程。

度倚重高质量数据的“喂养”。在数据准备阶段,依据生产流程逻辑以及批次差异,科学合理地划分数据集。训练集犹如模型的“知识摇篮”,助力模型深度萃取数据特征,挖掘数据背后潜藏的规律;验证集则像一位严格的“质检员”,通过不断校准模型参数,有效防止过拟合现象的发生,确保模型的泛化能力;测试集则是评估模型性能的“终审官”,能够精准衡量模型在未知数据上的表现^[2]。鉴于工业生产宛如动态多变的“魔方”,设备随着运行时长增加而产生磨损,原材料供应可能因产地、批次不同而更迭,这些因素均会使数据分布发生漂移。因此,定期更新数据池成为必然之举,持续为模型注入“新鲜血液”,让模型时刻贴合实际生产情况。

2 适配工业场景的模型构建策略

针对工业数据呈现出的高维度、非线性、动态变化等独特特质,遴选适配的模型架构至为关键,这犹如为工业生产这部“大戏”挑选最合适的“主角”。卷积神经网络(CNN)在处理图像类数据时优势斐然,宛如一位技艺精湛的“图像侦探”。以金属表面探伤场景为例,CNN中的卷积层滤波器仿若一双双“火眼金睛”,能够自动、高效地扫描金属表面图像,精准捕捉微裂纹、砂眼等瑕疵特征。随后,池化层如同一位“信息精简大师”,对卷积层提取的信息进行合理压缩,去除冗余,保留关键信息。全连接层则像一位经验丰富的“裁判”,依据池化层传递的信息,精准判别缺陷类别与程度^[3]。这一过程极大地提速了质检流程,以高效、准确的方式取代了传统耗时费力的人工目检方式。

循环神经网络(RNN)及其变体则专注于解析时间序列数据,堪称时间序列分析领域的“行家”。在化工连续反应进程中,反应釜内的温度、压力、反应物浓度等参数实时波动,犹如一曲复杂多变的“动态乐章”。长短期记忆网络(LSTM)作为RNN的重要变体,凭借其独特的记忆单元,能够巧妙地牢记长序列数据中的变化趋势,仿若一位记忆力超群的“时间记录者”。通过对过往数据趋势的精准把握,LSTM能够提前预判反应走向,进而为调控进料速度、温度等关键参数提供科学依据,有效规避反应失控风险,保障化工生产平稳、安全地进行。在模型训练阶段,精细调校超参数是提升模型性能的关键环节。

在复杂多变的工业情境下,单一模型常常显得力不从心,犹如单枪匹马应对千军万马。集成学习策略犹如一位“智慧统帅”,能够有效汇聚多个模型的力量,

补齐单一模型的短板。Bagging方法通过并行训练多个同类模型,如同组建了一支协同作战的“特种部队”。以机械加工精度预测为例,Bagging方法汇总多个决策树模型的预测结果,取平均值或多数投票,从而有效增强预测结果的稳定性,减少单一模型可能产生的偏差^[4]。Boosting方法则采用迭代的方式,聚焦于难分类样本,如同一位“精益求精的工匠”,逐步提升模型精度。在每一轮迭代中,Boosting方法加大对前一轮被错误分类样本的关注,调整模型权重,使得后续模型能够更加精准地对这些样本进行分类。

3 模型部署与工业融合实践

训练成熟的模型犹如一位身怀绝技的“武林高手”,需扎根工业一线,方能施展拳脚。在模型部署过程中,开发适配工业协议接口是实现模型与工业控制系统深度融合的关键步骤。工业现场广泛应用的可编程逻辑控制器(PLC)、集散控制系统(DCS)等,犹如工业生产的“神经中枢”与“指挥大脑”。通过开发适配的工业协议接口,模型能够与PLC、DCS等控制系统实现实时互通,进行高效的数据交互与指令传输^[5]。以食品包装流水线为例,模型依据图像识别技术,快速、准确地识别出包装过程中的次品,并向机械臂发送分拣指令。模型借助PLC精准调控包装参数,如包装速度、封口温度等,确保每一件产品的包装质量统一、稳定。考虑到工业现场的算力资源往往受到一定掣肘,如同在狭窄空间内施展拳脚,运用量化、剪枝技术对模型进行“精简瘦身”。

模型上线并非工业质量优化的终点,而是持续改进的新起点。持续监测模型性能成为保障工业生产质量稳定的关键环节。在实际生产过程中,源源不断地收集生产线的真实反馈数据,借助准确率、召回率、F1值等一系列量化指标,对模型性能进行全面、精准评估^[6]。一旦模型性能出现偏差,且偏差超过预先设定的阈值,如新产线投产导致模型误判增多等情况,即刻启动增量学习机制。增量学习如同为模型“加餐”,利用新产生的样本数据对模型权重进行微调,使模型能够快速适应工艺革新带来的数据变化,始终保持对工业生产质量的“明察秋毫”。

工业优化是一场复杂的“协同战役”,绝非模型的“独舞”,人工经验在其中同样不可或缺。工业现场的操作人员犹如技艺娴熟的“工匠”,对设备脾性了如指掌,在紧急关头能够凭借丰富的经验迅速做出应急处置。将人工规则融入模型决策过程,犹如为模型配备了一位经验丰富的“顾问”。在极端工况下,模型

能够参考人工建议灵活调整策略,二者协同作战,形成强大合力,共同化解复杂多变的工业难题,让深度学习真正成为推动工业奋进的强劲“助推器”。

4 工业过程质量优化的动态演进

工业生产宛如一条奔腾不息的动态洪流,时刻处于变化发展之中,因此质量优化之路永无止境。随着市场需求的快速更迭,消费者对产品质量、功能、个性化等方面的要求日益多样化、高端化,同时技术革新浪潮汹涌澎湃,新的生产工艺、材料、设备不断涌现。这些因素促使企业必须持续升级工艺,以在激烈的市场竞争中立足^[7]。深度学习模型作为工业质量优化的得力“助手”,要与时俱进,持续追踪新数据特征。以新能源汽车电池生产为例,随着新型电池材料的不断应用,电池生产过程中的各项参数关联发生了显著变化。深度学习模型能够迅速捕捉这些新参数之间的复杂关系,通过不断学习、优化,保障电池产品质量的稳定与提升,满足新能源汽车行业快速发展对电池质量的严苛要求。

外部环境同样变化莫测,法规标准日益严苛。在环保意识不断增强、安全要求日益提升的大背景下,环保、安全要求逐渐融入工业质量管控体系。深度学习模型需兼顾多元约束,在化工生产中,不仅要严格控制产品质量,确保产品符合行业标准与客户需求,还需依据环保指标,如废气、废水排放标准,优化生产工艺,通过调整反应条件、改进工艺流程等方式,减少污染排放,实现绿色生产,在创造经济效益的履行企业的社会责任,促进工业与环境的和谐共生。

深度学习与工业的深度融合犹如一颗投入平静湖面的巨石,催生了全新的商业模式。基于质量大数据的精准定制、预测性维护等新兴模式应运而生。企业依托深度学习模型对质量大数据的深度挖掘与分析,能够精准洞察客户需求,实现产品的个性化定制,提升客户满意度。通过对设备运行数据、质量数据的实时监测与分析,模型能够提前预测设备故障,为企业提供预测性维护建议^[8]。企业依据模型预测结果,提前备货、安排设备维护,有效降低设备停机时间与维护成本,拓展盈

利空间,开启工业发展的全新篇章,引领工业迈向智能化、高效化的发展新时代。

5 结语

展望未来,深度学习在工业领域潜能无限。新型架构将层出不穷,精准解构超复杂生产机理,大幅提升质量预测精度。伴随 5G、工业物联网蓬勃发展,海量实时数据将无缝接入模型,实现全流程精细化管控。跨领域协作将愈发紧密,技术专家与产业工人携手攻坚,让深度学习深植工业土壤,助力全球制造业迈向智能化、可持续发展新高度,铸就辉煌未来。

参考文献

- [1] 张来平,张传科,卢锴.制造业关键过程质量控制能力提升研究[J].电子质量,2025,(01):86-89.
- [2] 江峰.浅析工业厂房建筑电气施工质量管理[J].散装水泥,2024,(05):148-150.
- [3] 覃壮.基于工业互联网背景下汽车发动机装配过程质量控制研究[J].时代汽车,2024,(04):31-33.
- [4] 张福琪.工业用精密硬质合金制品生产过程中的质量控制与改进研究[J].中国金属通报,2024,(01):157-159.
- [5] 王云峰,廖祥红,鲍方刚,等.工业厂房钢结构施工技术及其质量控制研究[J].中国建筑装饰装修,2024,(01):168-170.
- [6] 刘明亮,郑义,黄鹏.工业建筑工程施工全过程质量管理研究[J].中国建筑装饰装修,2023,(07):113-115.
- [7] 张杰淳.工业管道安装过程的质量控制与管理分析[J].质量与市场,2022,(17):136-138.
- [8] 胡善群.海洋石油平台工艺管线安装技术及质量控制[J].清洗世界,2022,38(05):35-37.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

