

本文引用格式: 王宏宽,陈少伟,崔伟,等.人工智能赋能汽车制造业探析[J].自动化与信息工程,2024,45(5):10-13.

WANG Hongkuan, CHEN Shaowei, CUI Wei, et al. Exploration of artificial intelligence empowering the automotive manufacturing industry[J]. Automation & Information Engineering, 2024,45(5):10-13.

人工智能赋能汽车制造业探析

王宏宽 陈少伟 崔伟 陆宏杰 蔡燕君

(中国电器科学研究院股份有限公司, 广东 广州 510300)

摘要: 目前,汽车制造产线基本实现了自动化,产线中的工业机器人等设备按照预设程序进行自动化作业。针对汽车制造产线的产品需求或车间环境变化时,工业机器人等设备的预设程序需要重新设计,导致产线灵活性不足、应变能力差等问题,探析基于人工智能技术驱动的汽车制造产线自主感知、学习、规划和决策的发展方向,旨在提高产线面对新产品、新工艺、新设备的适应能力,增强产线设备面对多变环境中突发事件的应对能力。

关键词: 汽车制造业; 人工智能; 交互协同; 事件推演; 自主决策

中图分类号: TP311.5

文献标志码: A

文章编号: 1674-2605(2024)05-0002-04

DOI: 10.3969/j.issn.1674-2605.2024.05.002

开放获取

Exploration of Artificial Intelligence Empowering the Automotive Manufacturing Industry

WANG Hongkuan CHEN Shaowei CUI Wei LU Hongjie CAI Yanjun

(China Academy of Electrical Sciences Co., Ltd., Guangzhou 510300, China)

Abstract: Currently, automobile manufacturing production lines have basically achieved automation, and industrial robots and other equipment in the production line perform automated operations according to preset programs. In response to the product demand or workshop environment changes in the automotive manufacturing production line, the preset programs of industrial robots and other equipment need to be redesigned, and the flexibility and adaptability are poor. This article explores the development direction of autonomous perception, learning, planning, and decision-making in the automotive manufacturing production line driven by artificial intelligence technology, aiming to improve the adaptability of the production line to new products, processes, and equipment, and enhance the ability of the production line equipment to respond to emergencies in changing environments.

Keywords: automobile manufacturing industry; artificial intelligence; interactive collaboration; event deduction; autonomous decision-making

0 引言

汽车行业作为规模经济的典型范例,具有资本密集性、设备密集性与劳动密集性等特征。随着“工业4.0”的推进,自动化技术在汽车制造业得到了广泛应用。目前,汽车制造产线已基本实现自动化,产线中的工业机器人^[1]等设备按照预设程序进行自动化作业。然而,当产品需求或生产环境发生变动时,工业机器人等设备的预设程序需要重新设计。考虑到汽车实际生产过程中设备繁多、环境多变且存在各种突发情况,

有必要开发一条自主感知、学习、规划和决策的全智能汽车制造产线,以减少人力成本,提高生产效率。

近年来,随着算法创新、算力提升和数据增长,人工智能技术在语义理解、知识表示、逻辑推理等方面实现了跨越式突破。深度融合人工智能技术,不断提升汽车制造效率^[2],推动汽车产业向更加智能、高效的方向发展已成为行业共识^[3]。

基于上述现状,本文提出一种基于群体智能算法、跨媒体事件推演算法、大模型技术的汽车制造产线自主感知、学习、规划和决策的未来方向探析,旨在提

高产线面对新产品、新工艺、新设备的适应能力，增强产线设备面对多变环境中突发事件的应对能力。

1 多异构机器人交互协同

汽车生产任务需要多个机器人相互协同完成，汽车自动化制造产线包含大量的机器人，如焊接、涂胶、搬运、检测等机器人。为了建立全智能汽车制造产线，需要解决这些机器人之间的异质性。本文通过分析多异构机器人的特性，构建多异构机器人交互协同模型，研究群体智能算法，基于不同复杂环境制定多异构机器人通用协同控制框架^[4]，关键技术路线如下：

1) 根据焊接、涂胶、搬运、检测和自动导引车等机器人在感知、运动、通信等方面的异构特性，确定多异构机器人的层次结构，明晰层次与机器人之间的通信协议，制定适用的数据信息交互标准和策略，

实现多异构机器人交互协同体系建模；

2) 根据多异构机器人之间的约束与依赖关系，整合机器人的多源数据信息，建立多约束、多目标的数学模型，构建多模态群体智能算法，得到其在目标分配、任务规划、轨迹优化等模块的最优解；

3) 针对汽车制造产线的复杂任务和多变环境，通过强化学习使机器人与环境交互，获得最优控制策略；基于迁移学习加速新环境下的知识学习和策略迁移，实现多异构机器人在复杂多变环境下建立通用的协同控制框架。

2 跨媒体事件推演

多异构机器人实现相互协同后，需结合产线上所有机器人的感知数据，匹配生产计划，完成汽车生产任务的推演。跨媒体事件推演核心流程如图 1 所示。

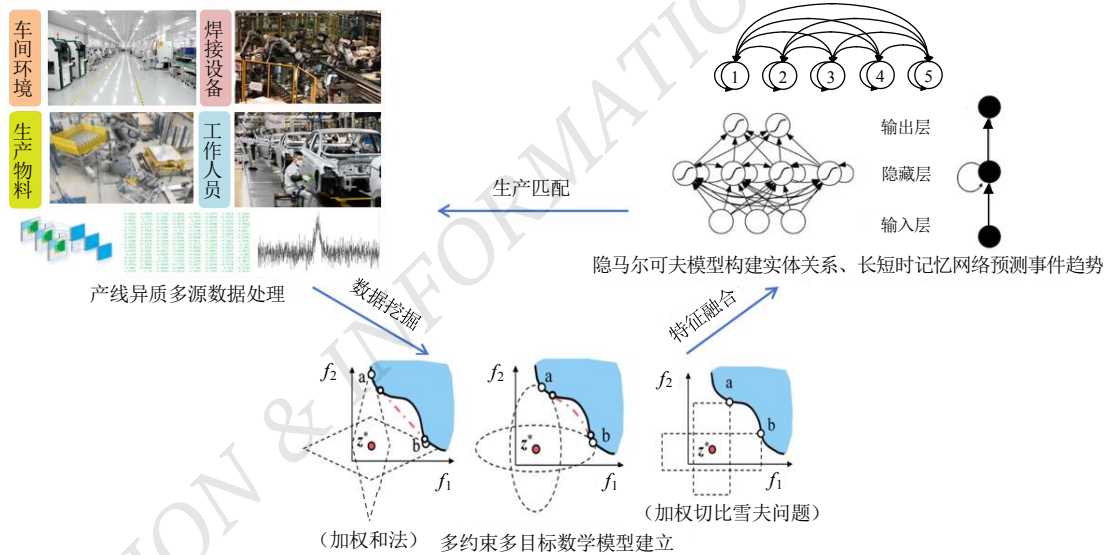


图 1 跨媒体事件推演的核心流程

跨媒体事件推演实现方式如下：

1) 通过数据挖掘、模式识别、关联规则挖掘、分类聚类等操作，提取多异构机器人中有价值的信息和潜在规律^[5]，构建多异构机器人的数字化模型，建立多异构机器人行为特性与事件要求之间的映射关系；

2) 使用对象检测、行为识别、场景理解等算法，从文本、图像和视频中提取有意义的特征和事件，通过多模态融合算法对不同媒体特征进行有效融合，形

成统一的跨媒体特征表示。通过分析不同事件之间的关联性，构建事件演进的逻辑关系；采用隐马尔可夫、长短时记忆网络等模型预测事件的发展趋势^[6]，实现跨媒体事件的推演；

3) 采用循环神经网络及其变体、生成对抗网络捕捉序列数据之间的长期依赖关系，从汽车制造产线的历史数据中学习，增强模型的泛化能力；同时，利用在线梯度下降算法，在每个新的数据点到达时更新模型参数^[7]，实现自适应学习，并通过强化学习算法

与环境交互学习策略，利用历史数据构建状态转移概率和奖励函数的估计，实现推演算法的自适应学习与优化。

3 生成式大模型微调训练

生成式大模型是构建全智能汽车制造产线及实现多异构机器人交互协同的核心^[8]。生成式大模型微调训练流程如图 2 所示。

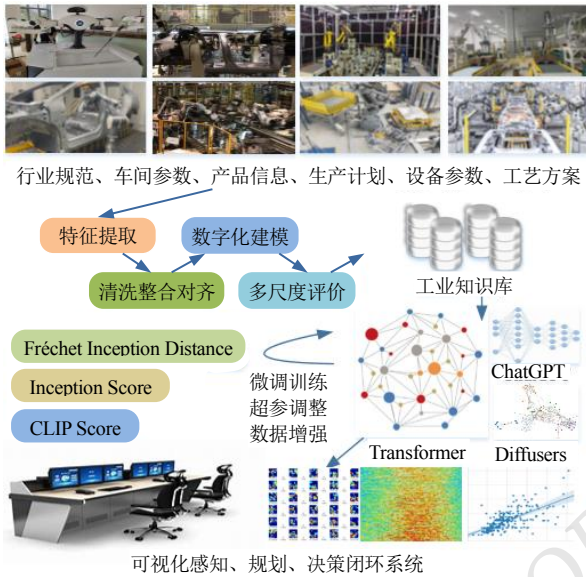


图 2 生成式大模型微调训练流程

本文基于 Transformer 模型收集多源数据，建立工业知识库，结合 ChatGPT、Diffusers 等大模型进行微调训练，并利用 CLIP Score、Inception Score、Fréchet Inception Distance 等作为模型评价指标^[9-12]，构建基于反馈机制的全智能汽车制造产线大模型，核心步骤如下：

1) 通过对汽车制造产线中大量的工业数据，如行业规范、车间参数、产品信息、生产计划、设备参数、工艺方案等进行清洗、整合、对齐，分析多源数据与生产任务相关的特征，构建真实需求与设计之间映射关系的汽车制造产线工业知识库；

2) 通过工业数据特征提取及实际生产任务深度理解的方法，设计生成式大模型架构，并利用生产数据进行针对性地微调训练；在迭代训练过程中，持续监督模型在独立验证集上的性能指标，采取超参数调

整、数据增强技术、模型结构改造及集成学习算法融合等优化策略，构建在协同作业任务中具有优异性能和泛化能力的生成式大模型；

3) 通过分析模型的决策过程和内部逻辑，基于特征重要性分析和可视化技术，解释生成式大模型在汽车制造产线中的行为和生成结果，增强模型的透明度和可靠性；同时，考虑到突发事件、环境变化、异常数据与噪声等因素的影响，通过对抗性训练等方法，提高模型在实际生产中的鲁棒性，增强模型对复杂多变环境的适应能力。

4 方案构想

上述方案若在实际的汽车制造产线中实现，需要搭建算法平台，以验证算法和模型的有效性。然而在实际的汽车制造产线环境中，不仅要保证平台的实时性、安全性、高效性，还要保证平台在不同场景下的有效性^[13]。因此，需要在产线数据收发、模型运行、可视化验证等方面进行研究，其关键点在于：

1) 针对汽车制造产线中跨媒体数据实时传输带宽资源占用大的问题，基于实时传输协议、压缩编码等技术，实现跨媒体数据传输的质量和稳定性；通过加密、身份验证和访问控制等方式，保证跨媒体数据的安全性；

2) 利用分布式计算技术，将汽车生产任务分解成多个小任务，并分配给多个计算节点进行并行处理，以提升模型训练与推理的速度；采用分布式存储技术，将数据分布在多个存储节点上，以提高系统的存储效率；构建一种分布式熔断机制，当服务出现故障或异常时，自动切断该服务的访问，保证分布式计算与存储的稳定性；

3) 针对生成式大模型与事件推演模型的可用性与解释性，开发可视化工具，展示模型的输入、输出和决策过程，结构化存储模型的输入数据、参数和计算过程，并在实际的汽车制造产线中进行验证与应用。

5 结束语

人工智能技术在汽车制造业领域的应用正深刻

改变着行业面貌。为了提高汽车制造产线面对新产品、新工艺、新设备的适应能力，增强产线设备面对多变环境中突发事件的应对能力，本文提出了一种基于群体智能算法、跨媒体事件推演算法、大模型技术的汽车制造产线自主感知、学习、规划和决策的方案构想，为最终形成一个基于动态复杂环境的生成式计算与事件推演平台提供探索路径。未来，随着技术的不断进步，人工智能将在汽车制造业中发挥更加重要的作用，引领行业迈向新的高峰。

©The author(s) 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

参考文献

- [1] 代辛宇.人工智能在工业机器人系统中的应用[J].中阿科技论坛(中英文),2021(1):99-101.
- [2] 王玲.人工智能技术在汽车制造业复杂机器人工位的应用[J].汽车制造业,2024(3):36-38;42.
- [3] 白旭航.人工智能技术在工业机器人系统中的应用研究[J].

信息系统工程,2018(12):91-93.

- [4] 贾英霞,王东辉.基于自适应神经网络的工业机器人双臂协同鲁棒控制[J].现代制造工程,2024(6):61-68.
- [5] 王泽桐.智能控制策略在机械自动化系统中的应用研究[J].造纸装备及材料,2023,52(9):50-52.
- [6] 袁海亮,薛强,王海玲,等.基于工业机器人与机器视觉的红外传感器装配系统设计[J].制造技术与机床,2023(6):33-38.
- [7] 姚翔宇.多机器人系统分析及分布式协同控制研究[D].武汉:中国地质大学,2021.
- [8] 王耀南,江一鸣,姜娇,等.机器人感知与控制关键技术及其智能制造应用[J].自动化学报,2023,49(3):494-513.
- [9] 张彦敏,陈明.制约中国智能制造发展问题探讨[J].金属加工(冷加工),2023(4):1-9.
- [10] 林锦州,于英杰,郝树新.人工智能在汽车制造智能化升级中的应用[J].新型工业化,2019,9(9):58-62.
- [11] 丁惟云,张殿平,马春辉,等.基于人工智能平台的汽车制造技术发展分析[J].中国设备工程,2022(23):24-25;266.
- [12] 姚芳,彭德奇.人工智能技术在汽车制造领域的应用研究[J].汽车测试报告,2023(7):34-36.
- [13] 董传龙,戈月红.人工智能技术在汽车制造中的应用[J].汽车测试报告,2023(19):29-31.

作者简介:

王宏宽,男,1989年生,本科,工程师,主要研究方向:公司汽车制造工艺。E-mail: wanghk@cei1958.com

陈少伟,男,1981年生,博士研究生,工程师,主要研究方向:整车集成设计与制造。E-mail: shaowei.chen@live.com

崔伟,男,1971年生,本科,正高级工程师,主要研究方向:汽车制造工艺。E-mail: cuiw@cei1958.com

陆宏杰,男,1982年生,本科,高级工程师,主要研究方向:汽车装备研发。E-mail: luhj@cei1958.com

蔡燕君,女,1981年生,本科,高级工程师,主要研究方向:软件开发。E-mail: caiyj@cei1958.com

(上接第9页)

- [55] VERMA G, AWATRAMANI J, HASTEER N. Implementing deep learning model to predict the maintenance of an elevator system[C]//2021 2nd International Conference for Emerging

Technology (INCET). IEEE,2021:1-4.

- [56] 吉训生,王大智,李晓.面向不等长时间序列的电梯故障早期预测[J].小型微型计算机系统,2020,41(4):763-768.

作者简介:

闫明明,男,1991年生,博士研究生,主要研究方向:信号处理、故障预测与健康管。E-mail: yanmingming@guangri.com.cn

李宁,男,1988年生,博士研究生,工程师,主要研究方向:设备故障预警、轻量化设计。E-mail: lining19880701@163.com

唐梓敏(通信作者),男,1994年生,博士研究生,主要研究方向:控制系统与智能化电梯研发、精密制造。E-mail: 813742840@qq.com

刘智学,男,1989年生,博士研究生,主要研究方向:高分子复合材料加工与应用、材料耐用性预测分析。E-mail: zhixue.liu@uq.net.au