

AI 赋能下制造业供应链的数字化转型与挑战研究

孙胜利¹ 米彦香^{2*}

1. 河北师范大学安全工作处, 中国·河北 石家庄 050024
2. 河北师范大学汇华学院, 中国·河北 石家庄 050091

摘要: 随着数字经济的兴起, 人工智能技术正在推动制造业供应链的数字化转型。论文旨在探讨 AI 如何重构制造业供应链的管理模式, 并分析其在提升供应链效率、韧性和决策智能化方面的应用。本研究重点介绍了 AI 在需求预测、生产调度、物流优化和库存管理等关键环节中的应用, 特别是数字孪生技术和智能决策系统对提升供应链灵活性和实时响应能力的重要作用。另外, 论文分析了 AI 在供应链应用过程中面临的主要挑战, 如技术集成难题、数据质量问题、高成本投入和人才短缺等, 并提出了相应的解决策略。

关键词: 人工智能; 制造业供应链; 数字化转型

Research on the Digital Transformation and Challenges of Manufacturing Supply Chains Empowered by AI

Sun Shengli¹ Mi Yanxiang^{2*}

1. Department of Safety Work, Hebei Normal University, Shijiazhuang, Hebei, 050024, China
2. Huihua College of Hebei Normal University, Shijiazhuang, Hebei, 050091, China

Abstract: With the rise of the digital economy, artificial intelligence technology is driving the digital transformation of the manufacturing supply chain. This paper aims to explore how AI can reshape the management model of the manufacturing supply chain and analyze its application in enhancing supply chain efficiency, resilience, and intelligent decision-making. This study focuses on the application of AI in key links such as demand forecasting, production scheduling, logistics optimization, and inventory management, especially the significant role of digital twin technology and intelligent decision-making systems in enhancing supply chain flexibility and real-time response capabilities. In addition, this paper analyzes the main challenges faced by AI in the application process of the supply chain, such as technical integration difficulties, data quality issues, high cost investment and talent shortage, and proposes corresponding solutions.

Keywords: Artificial intelligence; Manufacturing supply chain; Digital transformation

0 前言

随着数字经济的兴起, 人工智能 (AI) 作为推动制造业供应链数字化转型的重要技术, 正为制造业带来革命性变化。传统的供应链管理面临着诸如效率低下、信息流通不畅、成本高昂等问题, 这些问题在全球化、市场波动及复杂的生产环境下变得更加突出。AI 技术, 通过大数据分析、机器学习、自然语言处理、智能决策等方式, 为供应链管理带来了前所未有的优化潜力。因此, 如何在 AI 背景下重构制造业供应链, 成为当前学术界和实践领域的重要研究课题。

制造业供应链的数字化转型不仅是技术层面的革新, 更是组织管理、流程优化以及战略调整的综合提升。AI 的引入为企业提供了一个更高效、更灵活的管理方式, 不仅提升了企业的决策能力, 也增强了供应链的韧性和可持续发展能力。论文旨在探讨 AI 赋能下制造业数字供应链的重构逻辑与发展路径, 为制造业企业提供切实可行的转型策略和实施方案。

1 文献综述

1.1 AI 赋能供应链的基本逻辑与技术应用

AI 技术在供应链中的应用主要体现在需求预测、生产调度、物流优化、库存管理等环节。李琦等 (2025) 研究表明, 供应链网络的位置对于企业的数字鸿沟具有重要影响。通过 AI 技术的应用, 企业能够有效填补这些鸿沟, 实现数字供应链的优化和提升。在生产调度和需求预测方面, AI 能够基于大数据分析, 准确预测市场需求, 并合理调度生产资源, 减少库存积压, 从而提升供应链的响应速度与效率 (陈开容、翁世洲, 2025)。

数字孪生技术在制造业供应链中的应用越来越广泛。邱伏生等 (2025) 指出, 数字孪生技术通过模拟供应链的各个环节, 使得企业能够实时掌控供应链的运行状态, 从而优化生产计划和物流调度, 提高整体运营效率。该技术的引入, 使得供应链管理不再是单一环节的优化, 而是能够实现全链条的数字化监控和调度, 进一步提升了供应链的柔性 with 适应性。

1.2 AI 驱动下的供应链韧性与风险管理

供应链的韧性是指供应链应对外部冲击、恢复正常运作的的能力。随着全球化的深入和市场的确定性加剧,传统的供应链管理已难以满足企业对于韧性的需求。AI 技术通过大数据分析和智能决策,帮助企业在不确定的环境下提高供应链的韧性。魏瑜(2025)提出, AI 技术通过实时监测供应链的各个环节,能够预测潜在的风险,并为企业提供应对方案。赵振博等(2025)则从跨境电商角度探讨了 AI 如何重构全球供应链。随着国际贸易的不确定性增加, AI 为企业提供了更为灵活和高效的应对机制。通过对全球供应链进行大数据分析, AI 能够帮助企业识别供应链中的潜在风险,并采取相应的预防措施。这一过程不仅提高了供应链的韧性,也为企业在全球化竞争中提供了更强的竞争力。

1.3 数字孪生技术与供应链的集成创新

数字孪生技术作为 AI 赋能供应链管理的重要工具之一,已在多个制造业领域得到应用。数字孪生通过构建虚拟模型来反映供应链的实际运行情况,从而为企业提供精准的决策支持。薛仕琳(2025)指出,数字孪生技术可以帮助制造企业在生产过程中实时监控设备运行状态,预测潜在故障,并提前进行维护,减少停机时间,提高生产效率。张丹(2025)进一步提出,数字孪生技术与区块链技术的结合,可以有效提升供应链透明度,确保各环节数据的真实性和安全性。

1.4 AI 对制造业供应链智能决策的影响

AI 技术的引入使得制造业供应链的决策不再依赖单一的人工经验,而是基于大量的历史数据和实时数据进行智能分析与决策。钟丽等(2025)在其研究中指出, AI 驱动的智能决策系统在供应链管理中表现出巨大的潜力,尤其是在库存管理、采购决策和生产调度等方面。AI 可以通过对历史数据的学习和对实时市场动态的分析,自动生成最优的决策方案,帮助企业实现生产与需求的精准对接,减少库存积压和缺货现象,从而提高供应链的整体效率。

1.5 现有研究的不足与未来方向

尽管已有大量研究探讨了 AI 在供应链中的应用,但仍存在一定的研究空白。第一,关于 AI 技术如何在不同产业链条中具体应用的实证研究较少,尤其是在复杂的全球供应链中, AI 的应用场景和效果尚未得到充分验证。第二,关于 AI 技术与现有供应链管理模式的兼容性、技术集成等方面的研究也相对不足,未来的研究可以进一步探讨 AI 技术如何与传统供应链管理体系进行无缝对接,形成更具可操作性的实施框架。

此外, AI 在供应链管理中的应用仍面临数据隐私保护和技术伦理等问题。如何平衡 AI 技术的高效应用与数据隐私的保护,成为当前研究中的难点之一。未来的研究应着重于 AI 在供应链管理中应用的伦理问题,尤其是在数据安全、

消费者隐私等方面的法律框架和监管政策的完善方面。

2 现存挑战

虽然 AI 技术为制造业供应链的数字化转型带来了巨大的机遇,但其广泛应用仍面临诸多挑战,尤其是在技术、管理、数据质量、成本和隐私保护等方面。

2.1 技术集成与兼容性问题

AI 技术在制造业供应链中的应用涉及多种技术的集成,如大数据、物联网(IoT)、数字孪生、区块链等。然而,不同技术之间的集成并非易事,特别是在传统制造业中,许多企业的 IT 基础设施已经老旧,缺乏与新技术兼容的系统。这使得技术的引入和集成过程变得复杂且成本高昂。

在制造业供应链的数字化转型过程中,技术集成往往面临的一个难题是如何将 AI 技术与传统的生产管理系统无缝对接。由于 AI 应用通常需要大规模的数据支持,现有系统的数据结构和处理能力往往不足以支撑 AI 技术的高效应用。因此,如何平衡现有技术 with 新兴 AI 技术之间的兼容性,成为企业面临的关键挑战。

2.2 数据质量与数据治理问题

AI 技术依赖于海量的数据输入,但数据质量的差异直接影响到 AI 模型的准确性和决策的可靠性。在供应链管理中,数据来自各个环节,这些数据往往是非结构化的。在这样的背景下,数据的准确性、完整性、及时性以及标准化问题成为实施 AI 的主要障碍。为此,企业需要建立严格的数据治理框架,确保数据质量,同时规范数据收集、存储、共享和分析的流程。然而,建立完善的数据治理体系需要大量的时间和资源投入,这对许多中小型制造企业而言是一项巨大的挑战。

2.3 高成本与资源限制

AI 技术的引入需要巨大的前期投入,包括硬件设备、软件工具以及技术人才的培训和引进。尤其是对一些中小型制造企业而言, AI 技术的高成本往往成为实施数字供应链转型的一大障碍。此外, AI 技术的持续更新换代和维护也需要企业不断投入资金,这进一步增加了数字供应链转型的经济负担。对于资源有限的企业,如何平衡成本和收益,决定了其能否顺利实现 AI 赋能的转型目标。许多企业虽然意识到 AI 技术的潜力,由于缺乏足够的资金支持,无法进行大规模的技术投资和应用。

2.4 人才短缺与技术依赖

AI 技术的有效应用离不开专业的技术人员。尤其是在制造业, AI 技术不仅仅是一个简单的软件工具,还涉及数据科学、机器学习、深度学习、人工智能算法等多个领域的专业知识。然而, AI 技术的应用需要高度专业化的人才,而目前 AI 领域的人才储备仍然不足。许多制造企业面临着技术人才短缺的问题,这使得 AI 技术的引入和实际应用受到严重制约。

此外,企业往往依赖第三方技术供应商来进行 AI 系统的设计、部署和维护,这种外部依赖关系可能带来长期的风险。技术供应商的技术能力和服务质量会直接影响到 AI 技术的应用效果,过度依赖外部供应商可能导致企业在核心技术上的自主性下降。

2.5 隐私保护与安全问题

AI 在供应链管理中的广泛应用,需要大量的个人数据、交易数据和企业内部运营数据的支持。这些数据的采集、传输、存储及使用可能涉及隐私泄露和数据安全问题。特别是在跨境电商和全球供应链中,涉及不同国家的法律法规和数据保护标准,如何确保数据的安全性和合法性成为企业在数字供应链转型中的一大挑战。区块链技术虽然可以提供一定程度的数据保护和信息透明,但仍然面临着法律合规性的问题。

3 应对措施

3.1 分阶段推进 AI 技术应用以应对技术集成挑战

针对 AI 技术在制造业供应链中的应用面临的技术集成与兼容性问题,企业应采取逐步实施和模块化集成的策略。首先,企业可以选择从单一环节或业务模块入手进行数字化转型,避免一次性大规模的技术更新。通过小规模试点,企业可以有效识别和解决技术集成中的问题,逐步推进 AI 技术的应用。

为了降低集成的复杂度,企业可以选择开放式、模块化的 AI 解决方案,这样能够与现有的企业资源规划系统(ERP)和制造执行系统(MES)进行无缝对接。同时,企业应加大与技术供应商的合作,确保技术供应商能够提供长期的技术支持与升级服务,帮助企业解决技术整合过程中的问题。

3.2 建立健全数据治理体系确保数据质量

为了解决数据质量问题,企业需要建立和完善数据治理体系,确保从数据采集到使用的全过程都能保证数据的准确性、完整性和及时性。首先,企业应对数据采集的每个环节进行规范化管理,确保数据源的可靠性。在此基础上,企业还需要定期对数据进行清洗、验证和标准化,以去除无效和错误的数据。

企业应采用数据仓库技术,对来自各个供应链环节的数据进行集中管理和存储,确保数据的统一性和一致性。同时,企业应加强数据质量管理的跨部门协作,建立数据质量控制标准,确保每个部门在数据处理过程中都能遵循统一的标准和规范。

3.3 采用渐进投资模式应对高成本与资源限制

面对 AI 技术高成本的挑战,企业应采取渐进式的投资方式,将数字化转型分阶段进行。在第一阶段,企业可以优先选择对其运营最为关键的环节进行 AI 技术的应用,如生产调度、库存管理等。通过这种方式,企业不仅能够控制初

期投资风险,还能够在应用过程中积累经验,逐步扩大 AI 技术的应用范围。

企业可以通过外部合作来降低技术和资源投入。例如,借助云服务平台,企业可以减少对硬件设施的依赖,降低 IT 基础设施建设的成本。同时,企业还可以与高校和科研机构合作,共同进行技术研发与人才培养,减少技术开发和技术支持的资金压力。

3.4 加强人才引进与内部培训缓解技术人才短缺

针对 AI 技术应用中人才短缺的问题,企业应积极加大人才引进和内部培训的力度。企业可以与高校和职业培训机构建立合作关系,定向培养 AI 领域的专业人才。此外,企业还应鼓励现有员工参加 AI 相关的培训课程,并根据技术人员的成长路径制定有针对性的职业发展规划。

为了减少对外部供应商的依赖,企业应加大对内部技术研发能力的建设,培养自主研发 AI 技术的团队。这样不仅能够提升企业的技术自主性,还能在技术演进过程中保持较强的灵活性和适应性。

3.5 采用先进技术保障数据安全与隐私保护

数据隐私和安全性问题是 AI 应用中不可忽视的挑战。企业可以通过加密技术、区块链等手段保障数据的安全性。在数据传输和存储过程中,企业应采用端到端加密技术,确保数据不被泄露或篡改。此外,企业可以通过引入区块链技术,确保供应链中的数据是可追溯的、不可篡改的,从而提升数据的透明度和安全性。

同时,企业应建立健全的数据使用规范和隐私保护政策,确保数据的合法性和合规性。企业应定期进行数据安全审核,并根据最新的法律法规调整数据管理策略,避免因数据泄露或滥用而导致的法律风险。

4 结语

随着数字经济的兴起,人工智能(AI)正为制造业供应链的数字化转型带来深远变革。AI 技术通过大数据分析、机器学习、数字孪生等手段,优化了供应链的各个环节,提升了效率、降低了成本,并增强了供应链的韧性和响应速度。尽管 AI 在制造业供应链中展现出巨大的潜力,但在实际应用中,技术集成、数据质量、成本投入、人才短缺等挑战依然存在。因此,企业需要采取逐步推进、模块化集成的策略,并加大对数据治理、技术培训和资源投入的力度,以应对这些挑战。

综上所述, AI 技术为制造业供应链的数字化转型提供了新的机遇,但实现这一转型需要企业在技术、管理和文化上进行全面调整。随着技术的不断发展, AI 将在提升供应链效率、优化决策和增强企业竞争力方面发挥越来越重要的作用。未来,企业应积极克服现有挑战,推动数字供应链的全面升级,实现更高效、灵活和智能的供应链管理。

参考文献:

[1] 李琦,周飞,田伟健.供应链网络位置对企业数字鸿沟的影响研究

- [J].财经论丛,2025:1-13.
- [2] 陈开容,翁世洲.数字经济背景下长江经济带农产品供应链韧性评价[J].对外经贸,2025(6):36-42.
- [3] 赵振博,郑庞正丞,侯一茹,等.数字平台重构全球供应链的机制创新与发展中国家突围路径——基于跨境电商多案例研究[J].中国商论,2025,34(12):10-13.
- [4] 张丹.企业供应链管理中区块链技术的赋能瓶颈与突破策略——基于数字经济时代的实证分析[J].市场周刊,2025,38(18):42-45.
- [5] 薛仕琳.数字化背景下外贸行业供应链管理的趋势与研究[J].中国金融知识仓库,2025:1-5.
- [6] 邱伏生,代浩,王莉,等.供应链实战指南数字孪生技术赋能制造供应链(三)[J].起重运输机械,2025(11):14-19.
- [7] 钟丽,张瑞珍,丁雪峰.“合作还是单干?”——竞争性数字供应链内容创新与发布策略[J].工业工程与管理,2025:1-20.
- [8] 魏瑜.数字经济对我国农产品供应链韧性的影响研究——基于新质生产力视角[J].供应链管理,2025:1-13.
- 作者简介: 孙胜利(1984-),男,本科,助理研究员,从事物流管理、供应链管理研究。
- 通信作者: 米彦香(1977-),女,硕士,讲师,从事产业经济学及国际贸易综合利用研究。
- 基金项目: 河北省社科基金青年项目(项目编号: HB24GL061)。