

人工智能在供应链风险管理中的应用与价值评估

杨金玉

三亚理工职业学院, 海南三亚, 572000;

摘要: 全球供应链正变得日益复杂、相互关联且脆弱, 地缘政治冲突、自然灾害、市场波动等内外部风险因素使其频频中断。传统的供应链风险管理 (Supply Chain Risk Management, SCRM) 方法主要依赖于历史数据和人工经验, 在应对现代供应链的动态性和不确定性方面显得力不从心。近年来, 人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 技术的迅猛发展为 SCRM 带来了革命性的变革。本综述论文系统性地探讨了人工智能技术在供应链风险管理各个环节 (风险识别、评估、监控、应对和恢复) 中的具体应用场景, 深入分析了其带来的核心价值, 包括增强预测准确性、提升决策智能化水平、实现全流程自动化以及创造韧性价值。同时, 本文也客观讨论了 AI 应用过程中面临的数据质量、模型可解释性、技术门槛及伦理安全等挑战, 并对未来的研究方向和发展趋势进行了展望。本研究旨在为学术界的进一步探索和产业界的实践应用提供全面的参考框架。

关键词: 人工智能; 供应链风险管理; 机器学习

DOI: 10. 64216/3080-1516. 25. 02. 063

引言

供应链是现代全球经济运行的主动脉, 其稳定与高效直接关系到企业的生存与发展乃至国家的经济安全。然而, 当今的供应链网络呈现出前所未有的复杂性: 全球化布局、精益化生产、外包模式的盛行, 在提升效率的同时, 也将其暴露于一个充满不确定性的风险环境之中。从黑天鹅事件 (如 COVID-19 大流行、苏伊士运河堵塞) 到灰犀牛事件 (如贸易摩擦、气候变化), 层出不穷的 disruptions 使得供应链风险管理成为企业战略的核心议题。传统的 SCRM 体系在很大程度上是反应式的 (Reactive) 和碎片化的。它严重依赖管理者的个人经验、静态的风险评估矩阵和基于历史数据的简单统计分析。这种方法难以处理高维、非线性和实时变化的风险数据, 无法对未知的、新兴的风险进行有效预警, 导致企业在面对突发危机时往往措手不及, 只能被动响应。人工智能, 特别是其子领域如机器学习 (ML)、深度学习 (DL)、自然语言处理 (NLP) 和计算机视觉 (CV), 凭借其强大的数据驱动、模式识别和预测优化能力, 为构建前瞻性 (Proactive)、自适应 (Adaptive) 甚至自主性 (Autonomous) 的智能风险管理体系提供了可能。AI 能够从海量的结构化与非结构化数据中提取洞察, 模拟复杂场景, 并给出最优的决策建议, 从而将 SCRM 从一门“艺术”转变为一门“科学”。本论文旨在对 AI 在 SCRM 中的应用进行全面梳理, 并对其产生的实际价值进行系统性评估, 以填补理论研究与商业实践之间的空白。

1 供应链风险与传统管理的局限

1.1 供应链风险的分类

供应链风险是一个复杂的概念, 它涉及到从原材料采购到最终产品交付的整个过程中可能出现的各种不确定性。为了更好地理解和应对这些风险, 我们可以将它们细分为几个主要类别:

供应端风险: 这些风险主要来源于供应链的上游, 即供应商层面。例如, 供应商可能因为经营不善而破产, 导致原材料供应中断; 或者供应商的产品质量出现严重问题, 影响最终产品的品质; 又或者因为种种原因导致交付延迟, 打乱生产计划。

运营端风险: 这些风险主要来源于企业内部的运营流程。例如, 生产设备可能因为故障而停机, 导致生产进度受阻; 劳动力可能因为短缺而无法生产需求; IT 系统可能因为各种原因而宕机, 影响企业的正常运营。

需求端风险: 这些风险主要来源于市场, 即客户端。例如, 企业可能因为对市场需求预测不准确, 导致产品供过于求或供不应求; 客户可能因为各种原因突然取消订单, 导致企业库存积压; 牛鞭效应可能导致需求波动被放大, 影响供应链的稳定性。

物流端风险: 这些风险主要来源于产品的运输和仓储环节。例如, 港口可能因为拥堵而导致货物无法及时出港; 运输过程中可能因为各种原因导致延误; 仓库可能因为火灾等意外事件而导致货物损毁。

外部环境风险: 这些风险主要来源于企业外部的宏观环境。例如, 自然灾害如地震、台风等可能导致供应

链中断；政治动荡可能导致市场环境不稳定；经济危机可能导致需求下降；流行病可能导致劳动力短缺；气候变化可能导致运输成本上升。

网络安全风险：随着供应链的数字化程度越来越高，网络安全风险也越来越突出。例如，供应链的数字系统可能遭受网络攻击，导致数据泄露或系统瘫痪。

1.2 传统风险管理的局限性

传统的风险管理方法在面对上述复杂的风险时，存在一些明显的局限性。首先，传统方法在数据利用方面存在不足。它们往往只能处理企业内部 ERP、CRM 等系统的结构化数据，而忽视了新闻、社交媒体、卫星图像、物联网传感器等海量非结构化数据中蕴含的风险信号。

其次，传统方法的预测能力相对薄弱。它们往往基于历史均值的预测模型，无法捕捉突发事件的冲击和非线性变化，导致预测准确性较低。

第三，传统方法的响应速度较慢。风险响应往往依赖于人工决策链，流程冗长，无法满足实时响应的需求。

第四，传统方法往往是静态和孤立的。风险评估往往是定期进行的静态快照，而非持续动态的监控。各部门的风险管理也常处于信息孤岛状态，缺乏有效的沟通和协作。

最后，传统方法的 Scenario Planning 能力有限。它们难以对复杂的“假设分析”（What-if）场景进行大规模、高精度的模拟和推演，导致企业在面对突发事件时缺乏有效的应对策略。

2 人工智能在 SCRM 中的核心应用场景

AI 技术已渗透到 SCRM 的“识别-评估-监控-缓解-恢复”全生命周期。

2.1 风险识别与预测

AI 极大地扩展了风险识别的范围和前瞻性。自然语言处理（NLP）：通过扫描和分析新闻网站、社交媒体、财经报告、政府公告等文本信息，NLP 可以实时识别关于地缘政治冲突、罢工、极端天气、供应商负面新闻等早期风险信号。情感分析可以评估市场情绪和潜在的品牌危机。深度学习与图像识别：分析卫星图像和无人机航拍画面，可以监测供应商工厂的开工情况、港口的船舶拥堵程度、农作物产区的长势（预测原材料供应），甚至自然灾害（如洪水、山火）的影响范围。时间序列预测与异常检测：机器学习模型（如 LSTM 网络）可以分析历史销售、物流、生产数据，不仅更精准地预测需求，还能实时检测运输延迟、库存异常消耗等偏差，及时发出预警。

2.2 风险评估与量化

AI 使风险评估从定性走向精准量化。供应商风险评级：ML 模型可以融合财务数据、交货绩效、审计报告、新闻舆情、地理位置等多维度数据，构建动态的供应商风险评分卡，自动对供应商进行风险分级和排序。风险传染模拟：基于图神经网络（GNN），AI 可以模拟风险在复杂供应链网络中的传播路径和影响程度。例如，一个一级供应商的中断，会如何逐级影响二级、三级供应商乃至最终的生产和交付。财务影响量化：通过“假设分析”模拟，AI 可以估算不同风险情景（如原材料价格上涨 10%、某个关键运输路线关闭一周）对成本、收入和利润的潜在财务影响，为风险管理资源的优先配置提供依据。

2.3 实时监控与动态预警

AI 驱动的监控系统实现了 7x24 小时的全天候“数字孪生”。

物联网（IoT）与 AI 结合：安装在车辆、货物、仓库中的传感器实时传回温度、湿度、位置、震动等数据。AI 模型持续监控这些数据流，一旦发现异常（如冷链运输温度超标、货物在非预定区域长时间停留），立即自动触发警报，使企业能在损失发生前进行干预。动态预警系统：与传统设定固定阈值不同，AI 可以根据实时环境（如交通状况、天气）自适应地调整预警阈值，减少误报和漏报，提升预警的精准性。

2.4 风险缓解与智能决策

这是 AI 价值体现最集中的环节，它能够提供甚至自动执行决策。智能需求预测与库存优化：强化学习（RL）等算法可以动态调整库存策略，在满足服务水平的前提下，自动平衡库存持有成本与缺货风险，实现安全库存水平的动态优化。弹性供应链网络设计：AI 优化算法可以用于设计多源采购、多节点生产、多路径运输的弹性网络。当某个节点发生中断时，系统能快速计算出最优的替代方案（如切换供应商、改变运输路线、调整生产计划）。自主物流与调度：在物流领域，AI 算法可实现动态路径规划，避开拥堵、天气恶劣区域，并自主调度车辆和无人机，提升物流效率与可靠性。

2.5 应急响应与业务恢复

在中断发生后，AI 能加速响应和恢复进程。应急预案生成：基于预先训练的模型和实时数据，AI 可以快速生成多个可行的应急响应方案（如重新分配订单、启动备用产能），并评估每个方案的恢复时间和成本，辅助

管理者做出最快、最好的决策。通信自动化：NLP 可以自动生成并向客户、供应商发送个性化的状态更新和通知邮件，管理外部沟通，维护企业声誉。

3 人工智能应用的价值评估

AI 在 SCRM 中的应用价值远不止于效率提升，它正在重塑供应链的竞争基础。

3.1 量化价值

成本节约：通过精准的需求预测和库存优化，直接降低库存持有成本和缺货损失；通过优化物流路径，降低运输成本。收入增长/保护：通过更高的订单满足率和更短的交付周期，提升客户满意度，增加销售收入；通过快速应对中断，避免因断供导致的销售损失。资本效率提升：优化后的供应链网络减少了冗余投资，提升了资产利用效率。风险成本规避：避免了重大中断事件带来的巨额财务损失和声誉损失。

3.2 质性价值

增强可见性 (Visibility)：实现了从原材料到终端消费者的端到端 (End-to-End) 全链条透明化，打破了信息孤岛。提升预测准确性 (Predictability)：从“猜测”变为“预见”，减少了不确定性。加速决策速度 (Velocity)：从“天/小时”级的决策周期缩短到“分钟/秒”级，实现了近乎实时的响应。构建供应链韧性 (Resilience)：使供应链系统能够更好地吸收冲击、适应变化并快速恢复，甚至从中断中学习并变得更强健。获得竞争优势 (Competitive Advantage)：一个更智能、更敏捷、更可靠的供应链已成为数字化时代的核心竞争优势。

4 挑战与未来展望

4.1 当前面临的主要挑战

数据质量与集成：AI 模型的效果高度依赖于高质量、大规模的数据。然而，企业内外部数据往往标准不一、支离破碎，数据清洗和集成是巨大的挑战。模型“黑箱”与可解释性：复杂的深度学习模型决策过程不透明，难以向管理者解释“为何如此决策”，影响了其在关键决策中的被接受度。技术门槛与人才短缺：开发和部署 AI 系统需要高昂的投资和稀缺的复合型人才（既懂供应链又懂 AI）。伦理与安全风险：数据隐私、算法偏见、以及过度依赖 AI 系统带来的新型网络攻击风险（对抗性攻击）不容忽视。

4.2 未来研究方向与趋势

可解释人工智能 (XAI)：开发能够提供清晰决策解释的 AI 模型，是推动其在高风险决策中应用的关键。小样本/零样本学习：针对罕见但破坏性极强的“黑天鹅”事件，研究如何在缺乏历史数据的情况下进行有效学习和预测。AI 与区块链融合：结合区块链的不可篡改、可追溯特性与 AI 的分析能力，构建更可信、透明的供应链数据基础设施。自主供应链 (Autonomous Supply Chain)：未来的方向是构建能够自我感知、自我学习、自我优化甚至自我修复的完全自主的供应链系统，人类扮演战略监督者的角色。可持续性风险管理：AI 将更深入地应用于评估和优化供应链的 ESG（环境、社会、治理）绩效，管理气候变化等长期系统性风险。

5 结论

人工智能正在从根本上重塑供应链风险管理的范式。它通过赋能前所未有的可见性、预测力和自动化水平，将风险管理从被动的成本中心转变为主动的价值创造中心。尽管在数据、技术、人才和伦理方面仍存在挑战，但 AI 在提升供应链韧性、效率和竞争力方面的巨大价值已得到充分验证，且其重要性将与日俱增。

对于企业而言，拥抱 AI 驱动的 SCRM 已不是一道选择题，而是一道生存题。成功的关键在于制定清晰的 AI 战略，从小规模试点开始，持续投资于数据治理和技术人才培养，并建立人机协同的新型决策机制。未来，那些能够率先构建起“智能免疫系统”的供应链，将在充满不确定性的全球市场中获得决定性的持久优势。

参考文献

- [1] 张滢月. 人工智能技术在企业供应链金融信用风险评估中的应用研究[J]. 中小企业管理与科技, 2025 (6).
- [2] 韩永刚. 人工智能在供应链管理中的应用[J]. 中国物流与采购, 2024 (14): 101-102.
- [3] 刘美言. 基于人工智能技术的供应链风险控制策略研究: 多层次风险管理 with 优化方法[J]. 中国储运, 2024 (5): 177-178. DOI: 10.3969/j.issn.1005-0434.2024.05.124.

作者简介：杨金玉，1993.12，女，汉族，辽宁盘锦，硕士研究生，研究方向：经济管理。