

人工智能技术对无人机企业供应链韧性的影响

祁宁, 祁盈超, 荆浩

(沈阳航空航天大学 经济与管理学院, 沈阳 110136)

摘要: 为提升无人机企业供应链韧性及应对风险的能力, 基于2016—2022年A股上市无人机企业数据, 实证检验人工智能技术(artificial intelligence, AI)对供应链韧性的影响及机制。研究发现, 增强人工智能技术能够显著提升供应链韧性, 该结论经一系列稳健性检验后依然成立, 且对市场占有率较低的中小型无人机企业效果更为明显。机制分析表明, 人工智能主要通过增强供应链集中度和降低内部管理成本两条路径发挥作用, 通过优化资源配置、提高运营效率及减少管理开支, 强化企业应对市场波动和外部冲击的能力。该研究为政府和企业利用人工智能优化供应链管理提供了策略建议, 也为提升企业抗风险能力提供了理论支持与实践指导。

关键词: 人工智能; 供应链韧性; 供应链集中度; 内部管理; 风险评估

中图分类号: F274

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1248.2025.05.012

The impact of artificial intelligence technology on the resilience of drone enterprise supply chain

QI Ning, QI Yingchao, JING Hao

(College of Economics and Management, Shenyang Aerospace University, Shenyang 110136, China)

Abstract: To enhance the resilience of drone enterprise supply chains and their ability to respond to risks, the impact and mechanism of artificial intelligence technology on supply chain resilience were empirically examined which based on data from A-share listed drone companies from 2016 to approximately 2022. It was found that strengthening artificial intelligence technology could significantly improve supply chain resilience. This conclusion remained valid after a series of robustness tests and was particularly pronounced for small and medium-sized drone companies with lower market share. Mechanism analysis indicated that artificial intelligence mainly operates through two pathways: enhancing supply chain concentration and reducing internal management costs. By optimizing resource allocation, improving operational efficiency, and reducing management expenses, it strengthened the enterprise's ability to cope with market fluctuations and external shocks. This study provided policy and strategic recommendations for governments and companied to use artificial intelligence to optimize supply chain management, as well as the oretical support and

收稿日期: 2024-10-16 修回日期: 2024-11-08 接受日期: 2024-11-10

基金项目: 辽宁省科学技术计划项目(项目编号: 2025JH4, 10100039); 辽宁省社会科学规划项目(项目编号: L20AGL013)。

作者简介: 祁宁(1981—), 女, 辽宁沈阳人, 副教授, 博士, 主要研究方向为军民融合战略与创新、供应链管理、复杂网络理论,

E-mail: qining714@163.com。

practical guidance for enhancing enterprise risk resilience.

Key words: artificial intelligence; supply chain resilience; supply chain concentration; internal management; risk assessment

近年来,国际关系动荡,贸易摩擦加剧,显著影响我国企业供应链稳定性,凸显全球供应链多重风险^[1-2]。人工智能作为数字经济关键驱动力,与供应链融合可赋予其自主优化与抗风险能力,支持企业的稳定发展^[3]。

当前人工智能与供应链韧性研究处于探索阶段,主要聚焦智慧供应链与决策机器人、人工智能赋能韧性两大方向。于辉等^[4]通过智慧合约实现供应链自适应与最优决策。Tian等^[5]构建人工智能在风险评估与决策支持中的实践框架。Gupta等^[6]发现人工智能与区块链可协同增强财务韧性。肖兴志等^[7]证实工业机器人通过提升效率与创新增强企业韧性。Sadeghi等^[8]认为人工智能能够提高决策透明度,并增强网络韧性。

作为低空经济的重要支撑,无人机产业是我国战略性新兴产业,其供应链韧性关乎国防安全与产业健康发展,但现有研究缺乏针对性探讨。运用2016—2022年A股上市无人机企业数据,实证分析人工智能对供应链韧性的影响,揭示其提升供应链集中度与降低管理成本间的作用机制,并考察企业规模与市场地位的异质性效应,优化供应链管理并增强经济稳定性,为政府与企业提供策略参考。

1 理论分析和研究假设

1.1 人工智能技术与无人机企业供应链韧性

人工智能技术通过构建智能化、网络化与自动化的集成系统,显著增强了无人机企业供应链韧性^[9]。基于动态能力理论,人工智能赋能企业整合与重构资源以应对变化并保持竞争力。具体而言,人工智能借助预测与大数据

分析,提前识别供应短缺和需求波动,支持前瞻性调整。在物流中实现自动化与智能化管理,提升效率并降低成本^[10]。通过智能决策减少人为失误,提升运营稳定性;在采购中优化供应商评价体系,缓解供应与需求之间的脱节问题^[11]。此外,人工智能通过强化预测、优化资源配置和提高应急响应能力减少库存问题,提升资源效率,降低成本,全面增强供应链的灵活性、恢复力和应变性,助力企业高效应对复杂环境与扰动。由此提出假设H1。

假设H1:保持其他条件不变,无人机企业人工智能水平有助于供应链韧性的提升。

1.2 人工智能技术通过增强无人机企业供应链集中度,提升企业供应链韧性

供应链管理理论通过整合、信息共享和伙伴关系实现全过程高效协同,提升效率与灵活性。人工智能增强信息透明度与实时性,优化企业决策。提高供应链集中度有效降低协调成本,并通过集中采购实现节约;与此同时,供应链成员间的紧密合作与信息共享有助于增强协同效应,从而提升整体应对市场波动的能力。

无人机企业与少数伙伴深度合作,以维持市场地位并提升竞争优势、市场份额和品牌认知,同时促进技术标准化与创新,保障高质量供应。为维护稳定,企业与客户形成隐性契约,客户通过多维度评估决定持续交易。人工智能深度融合对供应链稳定性产生溢出效应^[12],通过实时监控和数据分析助力企业快速响应变化、优化伙伴选择,并通过精准营销增强客户忠诚度,使资源集中于高价值伙伴,提升供需集中度。高客户集中度支持按需生产,降低库存与信息成本;高供应商集中度促进关系型交易,减少采购不确定性,实现大宗采购优势^[13]。通过集中化管理伙伴关系,企业可提

升资源效率、降低成本,全面增强供应链韧性。

假设H2:保持其他条件不变,人工智能技术通过提升客户和供应商集中度提高了企业供应链韧性。

1.3 人工智能技术会降低无人机企业内部管理成本,提升供应链韧性

管理层可借助大数据分析识别采购与经营问题,发现业务关联,减少对经验直觉的依赖,提升决策的科学性与合理性^[14]。人工智能通过数据驱动的方法,能够显著降低供应链管理成本并增强其韧性,具体而言,借助数据分析与预测技术,可优化运营流程、提升资源利用效率,从而减少不必要的开支。智能决策系统基于实时数据支持快速精准决策,降低决策成本并提升市场应变力。此外,人工智能技术还通过自动化与优化供应链流程(如实时监控与智能调度)减少运输与库存浪费,提高灵活性、响应速度及竞争力。通过分析多源数据,人工智能技术可优化库存管理、强化风险预警,从而全面提升供应链韧性。

假设H3:保持其他条件不变,人工智能技术通过降低管理费用占比提高了企业供应链韧性。

2 研究方法

本文选取2016—2022年沪深A股流通类无人机企业作为样本,数据来源于上市公司年报、同花顺及国泰安数据库。经逐步筛选,剔除未披露前五大客户名称、ST/*ST公司、滞后一期及控制变量缺失样本,并对所有变量进行1% Winsorize 缩尾处理,最终获得811个有效观测值。

2.1 模型设定

本文采用模型检验人工智能技术水平对企业供应链韧性的影响,如式(1)所示。

$$\text{Resil}_{p,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Tech}_{p,t} + \alpha_2 \text{Controls}_{p,t} + \sigma_i + \sigma_t + \varepsilon_{p,t} \quad (1)$$

式中:被解释变量Resil为企业供应链韧性;解释变量Tech为企业人工智能技术水平;Controls为控制变量,模型控制了省份与时间固定效应。若Tech的估计系数 α_1 显著为正,则表明人工智能技术提升能够增强无人机企业供应链韧性,且系数大小反映影响程度。

2.2 变量设定

2.2.1 被解释变量

供应链韧性Resil指供应链应对外部冲击的抵抗与恢复能力。为量化无人机企业供应链韧性,本文从抵抗力与恢复力两个维度构建指标,并采用熵值法进行综合测算。

抵抗力体现供应链在干扰中保持稳定运行的能力,选取两个指标:采用应收账款与收入比的自然对数(值越小稳定性越高),以及使用前五大客户销售额占比平方和(Customer HHI,值越大关系越稳固)。

恢复力反映受冲击后的回弹能力,采用生产波动对需求波动的偏离程度(Matching)代理,该值大于1表明恢复力较低。在捕捉短期内供需失衡及其回弹特性,从而衡量供应链的恢复能力,公式如式(2)所示。

$$\text{Matching}_{it} = \frac{\text{Var}(\text{Production}_{it})}{\text{Var}(\text{Demand}_{it})} \quad (2)$$

$$\text{Production}_{it} = \text{COGS}_{it} + \text{Inv}_{it} - \text{Inv}_{it-1} \quad (3)$$

企业绩效对外部冲击的偏离程度可反映供应链恢复能力,进一步通过式(4)以企业绩效(息税前利润/员工数)的拟合残差捕捉动态响应,残差越大表明恢复力越强。

$$\text{Perform}_{it} = \alpha + \beta_1 \text{Size}_{it} + \beta_2 \text{Lev}_{it} + \beta_3 \text{Groeth}_{it} + \text{Board}_{it} + \sum \text{Firm} + \sum \text{Year} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

供应链韧性指标构建情况如表1所示。

2.2.2 核心解释变量

人工智能技术的衡量借鉴张远等^[15]的方法,以智能化投资水平作为代理变量。通过分析企业财务报告中固定资产与无形资产信息,结合“智能技术”“数据存储设备”等关键词,识别软硬件投入并量化其价值,再与总资产比较以评估智能化投资水平,最终采用熵权法确定权重。

表 1 供应链韧性指标构建

一级指标	二级指标	三级指标	计算方法
供应链韧性	供应链抵抗能力	资金占用情况	应收账款与收入比的自然对数
		供应链韧性稳定性	客户集中度
	供应链恢复能力	供需偏离度	生产波动对需求波动的偏离程度
		经济绩效变化	捕捉公式残差

2.2.3 控制变量

选取企业规模、资产负债率、经营性现金流、成立年限、两职合一、最大股东持股比例、

董事会规模及独立董事比例作为控制变量,以全面衡量企业财务状况、成长性及治理结构。主要变量描述统计如表 2 所示。

表 2 主要变量描述统计

符号	变量	定义	观测值	标准差	均值	最大值	最小值
Resil	供应链韧性	供应链韧性综合指数	811	0.098 0	0.301 7	0.561 5	0.156 7
Tech	人工智能技术水平	智能化投资水平	811	0.113 7	0.109 0	0.508 5	0.000 0
Size	企业规模	ln(企业总资产)	811	11.238 0	222.959 0	261.024 0	199.197 0
Lev	资产负债率	总负债/总资产	811	0.182 9	0.407 8	0.898 4	0.059 6
Cash	经营性现金流	现金流量净值/总资产	811	682.833 0	100.660 0	9.748.839	0.080 2
Age	企业年龄	ln(考察年份-公司成立年份)	811	49.910 0	182.200 0	360.000 0	70.000 0
Both	两职合一	董事长与总经理是否两职合一	811	0.461 0	0.300 0	10.000 0	0.000 0
Top1	股权集中度	第一大股东持股比例	811	123.139 0	289.066 0	674.168 0	80.204 0
Board	董事会规模	ln(董事会人数+1)	811	0.184 2	21.013 0	25.649 0	16.094 0
Indpe	独立董事占比	独立董事数量/董事规模	811	0.056 5	0.380 6	0.666 7	0.250 0

3 分析与讨论

3.1 回归分析

3.1.1 基准回归结果

表 3 基准回归结果显示,无论是否加入控制变量或固定效应(时间、省份),人工智能技术的估计系数均显著为正,表明其水平提升显著增强了无人机企业供应链韧性,结果与理论分析一致,假设 H1 得到验证。

3.1.2 内生性问题

为解决人工智能与供应链韧性之间可能存在的反向因果导致的内生性问题,采用工具变量法。参考文献[16]选取人工智能滞后两期(L2. Tech)作为工具变量,结果如表 4 所示。表 4 证实人工智能对企业供应链韧性存在显著正向影响,表明更强的供应链韧性不仅推动企

业对人工智能的需求,其本身也为人工智能技术应用提供了更稳定的数据基础和投资环境,形成双向促进的循环关系。

表 3 基准回归结果

变量	数据			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Tech	0.084 3*** (0.030 3)	0.084 5*** (0.030 4)	0.123 3*** (0.030 1)	0.069 5** (0.032 3)
控制变量	NO	NO	YES	YES
省份固定	NO	NO	NO	YES
时间固定	NO	YES	YES	YES
样本量	811	811	811	811
R ²	0.009 5	0.012 5	0.094 5	0.442 8

注:括号内为 t 统计量;*表示 10% 水平上显著;**表示 5% 水平上显著;***表示 1% 水平上显著,下同。

3.1.3 稳健性检验

为缓解内生性问题,本文采用两种方式进

行稳健性检验:第一,加入被解释变量的时间滞后项,以考虑人工智能技术影响的时滞效应,采用滞后一期重新检验,结果如表5列(1)所示;第二,将省份固定效应替换为地级市固定效应,进一步控制地区层面宏观因素,结果如表5列(2)所示。经上述处理,本文结论保持不变。

表4 内生性稳健性检验描述统计

变量	数据	
	(1)Tech	(2)Resil
L2. Tech	0.887 0*** (0.002 0)	—
Tech	—	0.098 6** (0.040)
控制变量	YES	YES
省份固定	YES	YES
时间固定	YES	YES
样本量	543	543
R^2	0.999 4	0.082 8

表5 稳健性检验描述统计

变量	数据	
	(1)	(2)
Tech	—	0.069 5** (0.032 3)
L1. Tech	0.057 7* (0.035 0)	—
控制变量	YES	YES
省份固定	YES	NO
时间固定	YES	YES
城市固定	NO	YES
样本量	676	811
R^2	0.464 9	0.442 8

3.2 异质性分析

选择企业地位、企业规模两个方面,考察人工智能对企业供应链韧性的异质性影响。

3.2.1 企业地位

龙头企业凭借信息优势整合高质量供应商,并通过强化合作增强供应链韧性。采用企业销售额占行业总销售额比重衡量市场地位,以数据的中位数0.015 32为界,高于该值划为强市场地位组。

企业地位异质性描述统计如表6所示,人工智能技术对弱市场地位企业的供应链韧性具有显著正向影响,而对强市场地位企业影响不显著。表明人工智能技术更能有效帮助市场占有率较低的企业提升韧性,弥补其资源与系统成熟度的不足;市场地位高的企业通常已具备完善供应链体系,人工智能的边际提升相对有限。因此,企业自身资源禀赋和供应链成熟度是影响人工智能赋能效果的关键因素。

表6 企业地位异质性描述统计

变量	Resil	
	占据少	占据多
Tech	0.097 0** (0.043 4)	0.062 4 (0.059 8)
控制变量	YES	YES
省份固定	YES	YES
时间固定	YES	YES
样本量	406	405
R^2	0.566 1	0.536 5

3.2.2 企业规模

企业规模显著影响供应链韧性,以员工总数衡量企业规模,并依据《中小企业划型标准规定》,将从业人员少于1000人的企业划分为中小型无人机企业,其他为大型企业。

企业规模异质性描述统计如表7所示,人工智能技术对中小型无人机企业的供应链韧性具有显著正向影响,而对大型企业的影响不显著。这表明人工智能技术更能有效提升中小企业的供应链韧性,弥补其资源与技术能力的不足,增强灵活性和运作效率。相比之下,大型企业通常已具备成熟的供应链系统,人工智能技术的边际改善相对有限,因此未呈现显著增益效果。

3.3 中介变量检验

通过中介效应检验三步法,考察人工智能技术是否影响供应链集中度及内部管理成本,进而提升无人机企业供应链韧性。构建中介效应模型如式(5)-(6)所示,其中式(5)检验人

表 7 企业规模异质性描述统计

变量	Resil	
	中小型企业	大型企业
Tech	0.208 7*** (0.074 4)	-0.005 2 (0.035 4)
控制变量	YES	YES
省份固定	YES	YES
时间固定	YES	YES
样本量	208	603
R ²	0.569 9	0.516 4

人工智能技术对中介变量的影响,式(6)分析中介变量对供应链韧性的作用。在基准回归基础上,通过逐步回归验证是否存在显著的中介路径。

$$\text{Med}_{p,t} = \beta_0 + \beta_1 \text{Tech}_{p,t} + \beta_2 \text{Controls}_{p,t} + \sigma_p + \sigma_t + \varepsilon_{p,t} \quad (5)$$

$$\text{Resil}_{p,t} = \gamma_0 + \gamma_1 \text{Med}_{p,t} + \gamma_2 \text{Tech}_{p,t} + \gamma_3 \text{Controls}_{p,t} + \sigma_p + \sigma_t + \varepsilon_{p,t} \quad (6)$$

3.3.1 无人机企业供应链集中度机制检验

供应链集中度分为客户与供应商集中度两方面。以前五大客户销售额占比衡量客户集中度,以前五大供应商采购额占比衡量供应商集中度,数值越大,集中度越高。供应链集中度中介效应描述统计结果如表 8 所示,列(1)和(3)中人工智能对两类集中度影响显著为正,表明其有效增强了供应链集中度;列(2)和(4)显示加入集中度后人工智能对供应链韧性仍显著正相关。结果表明,人工智能通过提升供应链集中度增强韧性,假设 H2 得证。

表 8 供应链集中度中介效应描述统计

变量	数据			
	(1)CC	(2)Resil	(3)SC	(4)Resil
Tech	27.293 7*** (6.881 2)	0.044 3*(0.022 9)	13.113 3*** (4.826 7)	0.100 9*** (0.029 1)
CC	—	0.002 9*** (0.000 1)	—	—
SC	—	—	—	0.001 7*** (0.000 2)
控制变量	YES	YES	控制变量	YES
时间固定	YES	YES	YES	YES
样本量	811	811	811	811
R ²	0.429 2	0.489 4	0.054 7	0.161 9

3.3.2 无人机企业内部管理成本机制检验

以管理费用占总费用比例衡量管理成本,该值越高代表成本越高。表 9 为内部管理成本中介效应描述统计。表 9 列(1)显示人工智能技术估计系数显著为负,表明其有效降低管理费用占比;列(2)显示加入管理费用后人工智能对供应链韧性显著为正,且管理费用系数显著为负,说明人工智能通过降低管理费用提升供应链韧性,假设 H3 得证。

表 9 内部管理成本中介效应描述统计

变量	数据	
	(1)MER	(2)Resil
Tech	-0.045 7*** (0.017 7)	0.110 5*** (0.029 9)
MER	—	-0.279 3*** (0.059 5)
控制变量	YES	YES
时间固定	YES	YES
样本量	811	811
R ²	0.313 2	0.118 6

企业数据的实证研究,人工智能技术显著提升了企业供应链韧性,其作用机制主要体现在提高供应链集中度和降低内部管理成本,从而增强企业应对市场波动与外部冲击的适应及恢

4 结论

基于 2016—2022 年中国 A 股上市无人机

复能力。此外,人工智能对供应链韧性的提升效果在市场份额较低和中小型无人机企业中更为显著。本文为理解人工智能赋能供应链管理提供了实证依据,也为企业优化供应链韧性提供了理论参考。

政府应制定针对性政策,通过税收减免与补贴等方式为不同规模无人机企业提供资金支持,并借助多元媒体加强政策宣传与反馈收集,持续评估和优化实施效果,以切实推动人工智能技术的应用,提升企业供应链韧性。

企业需加大资源投入,尤其在供应链管理、需求预测及流程自动化等关键领域推进人工智能技术应用,并通过优化供应链集中度稳定核心伙伴关系,以增强稳定性与灵活性,同时利用人工智能降低内部成本、提升决策效率与透明度,从而全面提高应对外部挑战的适应性与竞争力。

参考文献(References):

- [1] 肖兴志,李少林.大变局下的产业链韧性:生成逻辑、实践关切与政策取向[J].改革,2022(11):1-14.
- [2] Cohen M, Cui S L, Doetsch S, et al. Bespoke supply-chain resilience: the gap between theory and practice [J]. Journal of Operations Management, 2022, 68(5): 515-531.
- [3] 欧阳日辉,刘昱宏.生成式人工智能(AIGC)融入制造业的理论逻辑与实现路径[J].新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2025,46(3):1-14.
- [4] 于辉,官雨,李勇.供应链合作管理的新途径:智慧契约设计[J].中国管理科学,2023,31(10):20-29.
- [5] Tian S, Wu L, Pia Ciano M, et al. Enhancing innovativeness and performance of the manufacturing supply chain through datafication: The role of resilience [J]. Computers & Industrial Engineering, 2024, 188: 109841.
- [6] Gupta S, Modgil S, Choi T M, et al. Influences of artificial intelligence and blockchain technology on financial resilience of supply chains [J]. International Journal of Production Economics, 2023, 261: 108868.
- [7] 肖兴志,解维敏.人工智能与企业韧性:基于工业机器人应用的经验证据[J].系统工程理论与实践,2024,44(8):2456-2474.
- [8] Sadeghi R K, Ojha D, Kaur P, et al. Explainable artificial intelligence and agile decision-making in supply chain cyber resilience [J]. Decision Support Systems, 2024, 180: 114194.
- [9] 宋华.人工智能数智供应链的理论探索与展望 [J].中国流通经济,2024,38(1):44-54.
- [10] 尹洪岩,宋磊.人工智能技术在供应链物流领域的实践研究[J].中国储运,2024(3):184.
- [11] 钟文佳.基于人工智能的供应链优化采购系统研究[J].中国物流与采购,2024(3):89-90.
- [12] 杜亚光,何瑛,金振,等.人工智能与企业客户稳定性:基于中国工业机器人应用的证据[J].经济问题,2024(2):48-56.
- [13] 郭景先,鲁营.供应链金融、供应链集中度与企业创新非效率投资[J].华东经济管理,2023,37(5):119-128.
- [14] 方福前,杨宏,陈光兴.数字经济对企业供应链韧性的影响及其机制研究:基于企业供应商数目变化的视角[J].经济纵横,2024(4):62-72.
- [15] 张远,李焕杰.企业智能化转型对内部劳动力结构转换的影响研究[J].中国人力资源开发,2022,39(1):98-118.
- [16] 苗翠芬.人工智能与制造业服务化[J].经济与管理研究,2023,44(7):22-39.

(责任编辑:刘划 英文审校:曹依靠)