

【供应链管理】

人工智能在供应链韧性塑造中的作用

——基于迈创全球售后供应链管理实践的案例研究

宋 华 韩梦玮 沈凌云

【摘 要】VUCA 情境下供应链韧性建设是促进供应链高质量发展的关键。本文从人机交互和具象人工智能(AI)认知理论相结合的视角出发,以迈创为案例分析对象,探究了AI驱动下供应链韧性的形成与动态演进过程,以及AI对供应链韧性的作用机制。本文提出基于具象AI认知的人机交互理论,即人机交互的目标协调、行为协调和决策协调过程伴随着人对AI的认知由透明性到负责性,再到公平性的动态演化。这一过程驱动了由适应型供应链韧性塑造到持续型供应链韧性塑造,再到变革型供应链韧性塑造的三阶段跃迁。此外,揭示了AI在驱动供应链韧性塑造过程中所发挥的差别性作用及其梯次发展特征,即AI的作用不仅是算力表现的决策支持,还是一种协调和规范机制。这表现为,随着基于具象AI认知的人机交互的深化,AI的作用性质由工具性演变为战略性,作用范围由单点扩展至全链,作用角色由被动支持转化为主动参与。本文拓展了人机交互理论,阐明了AI驱动供应链韧性形成与演进的底层机理,丰富了数字经济时代供应链韧性领域的理论探索。

【关键词】供应链韧性;人工智能;人机交互;全球售后供应链

【作者简介】宋华,中国人民大学商学院教授,博士生导师,管理学博士;韩梦玮(通讯作者),中国人民大学商学院博士研究生,电子邮箱:hanmw1@126.com;沈凌云,迈创企业管理股份有限公司副总经理。

【原文出处】《中国工业经济》(京),2024.5.174~192

【基金项目】国家社会科学基金重大项目“数字经济推动产业链供应链现代化水平提升的机制与对策研究”(批准号22&ZD096);国家社会科学基金重点项目“中国产业供应链现代化发展模式与政策研究”(批准号21AZD015)。

一、引言

面对世界经济逆全球化与全球公共卫生事件进入新阶段,市场环境的多变性、不确定性、复杂性和模糊性(VUCA)特征凸显并成为常态。党的二十大报告强调,维护供应链韧性和稳定对于建设现代化经济体系具有重要作用。随着中国制造业服务化、数字化发展进程加快,为制造业企业提供专业化供应链服务的售后供应链管理行业日益受到重视。《“十四五”服务贸易发展规划》强调,要深入开展售后服务、现代供应链、信息技术、服务外包等服务领域标准化建设行动,加快服务外包与制造业融合发展,助

力构建稳定的国际产业链供应链。全球售后供应链韧性塑造是稳定国际产业链供应链的重要任务。VUCA 情境下,供应链能否抵御危机并实现快速恢复与变革发展,成为建设供应链韧性和促进供应链高质量发展的关键(宋华,2022)。在此背景下,洞察全球售后供应链韧性塑造的过程与机制,成为学术界和实践界关注的核心议题。

在数字经济时代,人工智能(Artificial Intelligence, AI)等数字技术的快速发展为供应链韧性塑造提供了新思路(巫强和姚雨秀,2023)。现有研究关注到AI对组织韧性发展的促进作用:一方面,AI凭借

其数据分析能力能够协助组织提高决策效率,降低决策成本与风险(Jarrahi, 2018; Berente et al., 2021);另一方面, AI依靠其学习能力能够基于大数据资源不断创新知识和迭代算法,减少人类经验判断所造成的偏差(李树文等, 2023),促进运营模式创新。供应链作为涵盖物流、信息流和商流的综合性系统,其运营过程涉及物质、技术和人类行为等多维要素,并且与外界环境有着强互动性。特别地,在当前VUCA环境下,供应链管理日益呈现多元化和复杂化的特点(宋华, 2023),使其面临更高的中断风险和更紧迫的韧性塑造需求。而AI兼具技术理性和人类感性的思考和行动能力恰能满足供应链韧性塑造的需求(Csaszar and Steinberger, 2022)。然而,现有研究更为关注组织内部的韧性塑造(Williams et al., 2017),对供应链视域下韧性如何形成及其动态演进有待进一步探讨。此外,现有研究大多把AI等数字技术作为决策支持性工具,探索其对流程优化和效率提升的促进作用,而关于AI如何与人协同进行供应链内部活动的协调以适应外部环境,以及AI对供应链韧性塑造的作用机制如何,尚未深入探讨。

AI能否发挥驱动供应链韧性塑造的关键作用,不仅取决于AI技术本身(Toorajipour et al., 2021),更依赖于通过人机交互实现人与AI的协同价值(Seeber et al., 2020; 吴小龙等, 2022)。人机交互关注人与AI技术、任务之间的互动(Gaggioli et al., 2017)。通过目标协调、行为协调与决策协调(Hsieh and Vergne, 2022),人机交互能够增强供应链应对环境不确定性的能力。此外, AI对于供应链的价值还取决于人对AI技术的认知程度。然而,对于人的认知因素对AI技术应用过程的影响,现有研究未能深入剖析(Shin, 2023)。而具象AI认知理论(Embodied AI Cognition Theory)则从人对技术的认知层面洞察了AI与人的动态协同过程(Shin, 2021)。该理论认为,组织在促进AI与人协调以驱动发展时,不仅需要解决AI在技术应用上的问题,更需要关注人对AI的认知发展(Shin, 2021)。人与AI的协同伴随着人对AI的透明性(Transparency)、负责性(Accountability)和公平性

(Fairness)特征形成具象认知(Kitchin, 2017)。然而,具象AI认知理论并未解释这些认知特征如何形成,以及AI认知具象化的实现过程与供应链韧性的跃迁进程如何动态匹配。这些问题有待进一步探讨与检验。

针对上述理论缺口和实践需求,本文选取迈创企业管理服务股份有限公司(简称“迈创”)作为案例分析对象,基于迈创塑造全球售后供应链韧性的实践,从人机交互和具象AI认知理论相结合的视角出发,试图探究以下两个问题:AI如何通过人机交互推动供应链韧性形成与动态演进? AI在供应链韧性塑造过程中发挥何种作用? 通过回答以上问题,本文解构了VUCA情境下供应链韧性形成与动态演进的过程,洞察了AI对供应链韧性塑造的作用机理,并提炼出供应链韧性塑造场景下基于具象AI认知的人机交互理论。本文创新性地将人机交互过程纳入供应链韧性塑造的研究范畴,阐明了供应链韧性塑造场景下基于具象AI认知的人机交互演化过程,洞察了AI的差别性作用及其梯次发展特征,并揭示了AI赋能下供应链韧性演化的底层机制与实现阶段跃迁的关键驱动力。本文为数字经济时代企业应用AI技术塑造供应链韧性提供了实践启示。

二、文献回顾

1. 供应链韧性与数字化

Christopher and Peck(2004)最早将供应链韧性定义为:供应链系统在运营流程中断后恢复到先前状态或者实现更令人满意状态的能力,包括柔性、适应性和敏捷性。具体讲,供应链韧性是指供应链在应对市场潜在风险和不确定性冲击时,能够及时调整至正常状态甚至实现更理想状态的能力(陶锋等, 2023)。供应链韧性的塑造过程注重三个层面的能力建设,即应对潜在危机的事前防御能力、链条断裂时的快速响应能力,以及危机处理后的变革发展能力(Ponomarov and Holcomb, 2009)。首先,供应链韧性强调适应性,即预先识别潜在风险并调整现有系统以应对预期中断(Ortiz-de-Mandojana and Bansal, 2016)。适应型供应链韧性强调通过预测事件来增强供应链的稳健性,以在未来发生危机时使系统完

全规避风险或者最小化中断造成的影响。其次,供应链韧性关注持续性,即在危机下抵御不利事件冲击,并尽快恢复正常状态(盛昭瀚等,2022)。持续型供应链韧性要求供应链在发生中断时能迅速响应并找到关键恢复路径,以维持相对稳定的状态。最后,供应链韧性还涉及变革性,即为应对变化的条件而深度改进现有系统结构,以实现逆势成长(Williams et al., 2017)。变革型供应链韧性要求供应链通过主动调整和创新运营系统,使供应链生态达到更具竞争力的状态。表1对比了三种供应链韧性的核心内涵。供应链韧性研究既涉及韧性的“后果”,即组织如何应对危机实现恢复,以及如何通过持续革新获得长期发展(Ortiz-de-Mandojana and Bansal, 2016),也涉及韧性的“前因”,即影响供应链韧性形成的关键因素。

数字技术应用和供应链运营要素管理对供应链韧性的形成与发展产生重要影响(Ponomarov, 2012)。数字技术应用方面,部分学者的研究证实了数字技术应用能力与供应链韧性塑造之间的密切关系。特别是在VUCA环境下,数字化能力不仅能够减弱供应链涟漪效应,协助控制风险(Ivanov et al., 2019),还能增强韧性塑造对绩效提升的促进作用(Balakrishnan and Ramanathan, 2021)。供应链运营要素管理方面,供应链解耦点的调节和优化是影响供应链韧性的关键因素。供应链解耦点是指基于预测的推动式生产方式与基于客户订单的拉动式生产方式的分界点,其将预测驱动和订单驱动的服务区分开来。数字化背景下,不仅存在物流解耦点,还存在信息解耦点和商流解耦点,即预测推动式服务和订单拉动式服务在信息流和商业流程上的分界点(宋华等, 2023)。多元供应链解耦点的位置调节与优化是平衡供应链的精益性和敏捷性进而影响供应链韧性塑造的重要因素。

尽管当前理论界对供应链韧性包括数字化与供应链韧性关系研究的关注度持续上升,但是对数字化如何塑造供应链韧性,特别是如何促进不同层级供应链韧性发展的研究相对不足(Williams et al., 2017)。现有研究多将数字化视作一种既定的要素和变量,测量其对韧性的影响(张鹏杨等,2023),而忽略了数字技术对供应链运营行为的变革过程。事实上,人类在供应链运行情境中需要处理复杂多变的问题,这不仅需要传统数字化工具的辅助(范合君等,2023),还需要与同时具备理性、人性化思考和行动能力的AI进行协作(Csaszar and Steinberger, 2022)。

AI的应用在供应链韧性塑造过程中发挥关键作用(Ivanov and Dolgui, 2021)。一方面,AI能够提高供应链运营的透明度和风险可控性(宋华, 2022);另一方面,AI的描述型和预见型数字分析能力能够帮助企业感知和预测供应链中潜在的各类风险,促进企业有效制定风险防范措施,从而强化供应链韧性(Pettit et al., 2019)。AI的兴起使得人类不再是唯一能够促进组织发展与韧性塑造的主体(Sturm et al., 2021)。AI与人的协调可以节约成本和提高决策质量(Schuetz and Venkatesh, 2020),进而推动供应链韧性形成。然而,AI与人交互协调以塑造供应链韧性的过程机制仍未得到深入探索(Bailey et al., 2022)。此外,随着全球地缘政治问题和公共卫生事件等因素的出现,供应链运营环境的动荡性逐渐增强(Nan and Tanriverdi, 2017),这对人与AI在供应链中的交互协调过程产生显著影响(Nan and Tanriverdi, 2017)。在此背景下,有必要深入洞察供应链韧性塑造过程中人与AI的交互协调以及AI所发挥的独特作用(Sturm et al., 2021)。

2. 供应链韧性塑造中的人机交互和具象AI认知理论

AI作为影响供应链发展的重要因素(Toorajipour

表1 供应链韧性核心内涵对比

类型	适应型供应链韧性	持续型供应链韧性	变革型供应链韧性
核心内涵	预先识别潜在风险,并调整现有系统,以应对预期中断	在危机下抵御不利事件冲击,并尽快恢复正常状态	为应对变化的条件而深度改进现有系统结构,以实现逆势成长

et al., 2021), 能否发挥驱动供应链韧性塑造的关键作用, 不仅取决于 AI 技术本身的进步程度, 更取决于能否通过人机交互来实现人与 AI 的协同价值(Seeber et al., 2020; 吴小龙等, 2022)。人机交互关注在一定的管理环境中人与 AI 技术、任务之间的互动(Gaggioli et al., 2017)。如何有效地利用人机交互增强供应链对外部不确定性的应对能力, 成为学术界和业界关心的话题。复杂多变的环境下, 人机交互需要发挥人与 AI 的协同作用以不断适应动态情境的要求。这一人机交互过程需要实现三方面的协调, 即目标协调、行为协调和决策协调。首先, 目标协调强调根据环境要求确定 AI 技术应用对组织价值实现的作用(Hsieh and Vergne, 2023)。面对环境变化, 管理人员能够根据丰富经验进行直觉决策, 提出管理意见。而 AI 能够基于规则和指令高效执行任务(Leone et al., 2021), 并通过迭代学习从数据中识别和预测问题(Haenlein and Kaplan, 2019), 从而降低经验判断带来的误差(Jarrahi, 2018; Berente et al., 2021)。其次, 行为协调关注 AI 技术应用对组织活动流程和多主体交互行为的影响。凭借长期业务实践, 管理人员能够深度理解业务情境并根据业务需求设计算法。而 AI 能够基于神经网络、深度学习等算法, 通过信息处理、逻辑推理等方式从数据中学习(李树文等, 2023), 并持续强化自主学习能力, 从而协助优化供应链运营流程。最后, 决策协调聚焦在 AI 技术的参与下推动多元经济主体的协调与整合。AI 能够基于经验式学习, 从大数据中探索知识并识别决策问题(吴小龙等, 2022), 进而通过人机互动参与管理策略调整。而管理人员可以进一步筛选知识, 并将其整合为能够适应不同情境的程序模块(Mikalef et al., 2021), 从而赋能多元主体协同决策。

AI 对供应链产生的价值还与人类使用者对 AI 技术的认知程度密切相关。然而, 对于人的认知因素对 AI 技术应用过程的影响, 现有研究尚未深入探讨(Shin, 2023)。具象 AI 认知理论则从人对技术的认知层面进一步完善了对人机交互问题的阐释。该理论关注的核心问题是对 AI 技术特征的理解, 以及

对 AI 技术产生价值的认同程度(Shin and Park, 2019)。这一理论的基本假设是, 组织在促进 AI 与人协调以驱动发展时, 不仅需要解决 AI 在技术应用上的问题, 更需要关注人对 AI 的认知发展(Shin, 2021)。AI 能否与供应链运营相融合, 受到供应链参与者认知程度的影响, 即供应链中的经济主体是否认同 AI 对供应链运营效率的增进作用(Shin and Park, 2019)。人类在创造算法、借助算法进行决策和改进算法以推动供应链韧性塑造时, 对 AI 的认知也会发生演变(Shin, 2021)。具象 AI 认知理论引入人类认知这一行为因素, 阐明了在人机交互过程中人对 AI 技术的认知是逐步深化的。这主要表现为对 AI 技术的透明性(Transparency)、负责性(Accountability)以及公平性(Fairness)特征形成具象认知(Kitchin, 2017), 也就是在应用 AI 技术的过程中主动将 AI 与上述特征相联系(Shalev, 2014)。首先, 透明性关注使用的数据是否合法, 以及算法的运行过程和生成结果能否被人类所理解(Shin and Park, 2019)。通常情况下, 由于数据信息的专有属性以及算法的不确定性, 使用者难以了解具体的算法是什么, 以及结果是如何形成的。这就容易导致使用者对 AI 的作用和结果产生质疑。因此, 透明性是 AI 技术能被接受的关键因素。其次, 负责性关注 AI 服务的结果是否有清晰的责任权属(Shin and Park, 2019)。这一特征强调, 通过 AI 技术生成的计算结果是负责任的, 即一旦出现不当应用而产生差错, 能够追索到明确的责任方及其行为。最后, 公平性聚焦于 AI 服务能否使更广泛组织中的主体受益(Shin, 2021)。具备公平性的 AI 技术能够使算法决策公平地产生结果, 不会受人类主观意识的影响。因此, 公平性不仅是 AI 技术精确度(产生精确结果的能力)和准确性(产生正确结果的概率)的体现, 更是使人们感知到 AI 计算结果非主观性的必要条件。对于在人与 AI 交互协调过程中人对 AI 的认知的演化过程, 现有研究尚未给出详尽解释, 而具象 AI 认知理论恰能弥补这一不足。

应当讲, 人机交互和具象 AI 认知理论为深化 AI 和供应链韧性关系研究提供了契机。当前研究对 AI

应用与供应链韧性塑造之间的关系做了有益探索(Zouari et al., 2021),但是大多数研究将AI视为供应链运营决策的技术支持手段(Vial, 2019),或者说关注AI算力基础上所形成的信息处理能力(Belhadi et al., 2021),鲜有研究对此过程中人与AI的交互协调以及AI对供应链韧性塑造的独特作用做深入探讨。而具象AI认知理论为探索AI与供应链活动之间的交互提供了新的分析视角。此外,需要细致洞察AI驱动供应链韧性形成与演进的动态过程。特别是当情境因素或者场景发生改变时,如何不断迭代人对AI的认知以与供应链韧性塑造和稳健发展的需求相匹配,也是有待探索的问题。因此,本文将人机交互与具象AI认知理论相结合,探究AI驱动供应链韧性塑造的过程。一方面,阐明AI推动供应链韧性形成与阶段跃迁的路径;另一方面,解构供应链韧性形成与演进背后基于具象AI认知的人机交互机制。本文的研究框架如图1所示。

三、研究方法

鉴于研究问题的探索性和研究情境的复杂性,本文采用单案例研究方法展开分析(Yin, 2014)。通过深入剖析研究情境与现象细节,捕捉暗藏在复杂现象背后的构念关系与理论逻辑,进而推动相关理论的丰富和发展(毛基业和苏芳, 2016)。

1. 案例企业选择

(1)案例企业选择的原则。本文选择迈创作为案例分析对象主要出于如下考虑:首先是案例的典型性。面对跨国物流不确定性增加、全球公共卫生事

件突发和全球贸易复杂性影响等外部冲击,迈创作为跨国供应链服务企业,面临多层面的风险。而迈创依托AI技术成功塑造供应链韧性,抵御供应链中断危机,实现供应链业务的稳健发展。迈创基于AI应用的核心技术优势,应用Transformer、卷积神经网络等AI技术和优化算法,研发了最优装箱模型、最优选址模型等供应链服务技术并获得发明专利。基于其建立的全球供应链网络,迈创已经为联想、小米、惠普等品牌在全球五大洲70多个国家提供全球售后服务体系支撑,服务保障的设备超过4.7亿台。AI赋能下,迈创得以为供应链客户提供稳定的售后服务支持。全球公共卫生事件期间,迈创的服务指标达成率远超客户预期。同时,迈创自身也实现业务的快速恢复和逆势增长。2020-2022年,迈创的营业收入由7.12亿元增长至14.73亿元,年均复合增长率达到43.85%;净利润由0.72亿元增长至1.26亿元,年均复合增长率达到32.01%。并且,2023年上半年,迈创的营业收入达到7.84亿元,净利润达到0.69亿元,保持了稳定增长态势,证明了迈创供应链韧性的可持续性。因此,迈创的实践具有AI驱动供应链韧性塑造的典型特征。

其次是案例的启发性。一方面,经济逆全球化和后公共卫生事件背景下,组织发展面临极高的风险和不确定性,而迈创的经验有助于启示组织强化供应链韧性;另一方面,先前供应链韧性研究多将数字技术作为辅助性工具,而迈创应用AI驱动供应链韧性塑造的研究深入挖掘了人与AI协同与环境互动

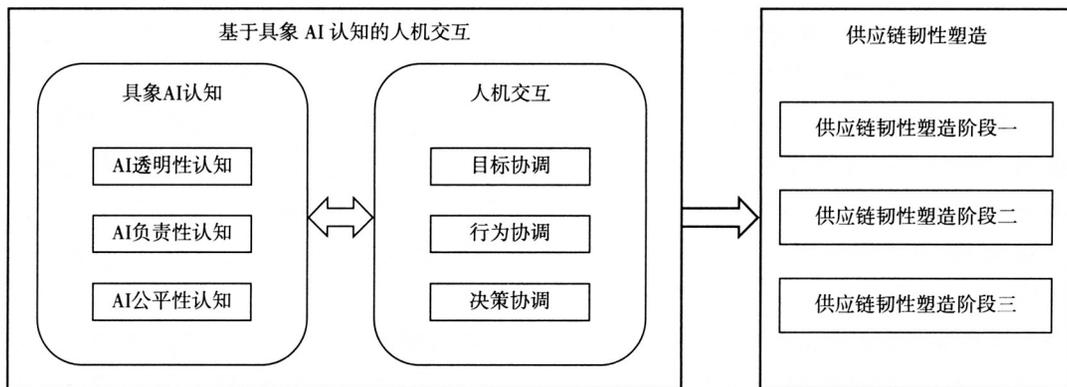


图1 研究框架

以推动供应链韧性发展的底层逻辑。因此,对迈创案例的探究,既有助于解构供应链韧性的演进过程,又有助于为理解AI驱动供应链韧性形成的底层机制提供理论洞见。

最后是案例的可获得性。本研究团队自2018年以来一直与迈创保持长期合作关系,对迈创的发展历程做了持续性跟踪,深度掌握其供应链韧性发展的过程和关键影响因素,研究资料翔实,可以支持理论构建的需求。此外,迈创公司高管以及业务负责人愿意接受本团队的调研访谈,有利于一手访谈数据的获取以及案例分析数据的三角验证。

(2)案例企业AI驱动的供应链韧性发展历程。案例公司自2000年起一直从事国际贸易,2004年正式成立迈创,至2009年该公司一直为惠普、戴尔等公司提供生产供应链服务。自2010年起,迈创依托AI等数字技术及其建立的服务网络开始为联想、华硕提供全球售后服务。迈创供应链韧性是随着AI应用的深入和服务形态的扩展而逐渐建立的。依据迈创业务发展遇到的外部冲击及其应对措施的不同,本文将迈创AI驱动的供应链韧性发展历程划分为三个阶段^①:第一阶段,迈创在AI技术的支持下初步塑造供应链韧性,有效应对跨国物流交易中的不确定性冲击。在此阶段,迈创依托大数据分析和AI平台,为客户的产品售后提供国际物流、进出口关务等服务。在AI技术的支持下,迈创优化仓库布局和管理流程,成功应对跨国物流业务中的不确定性冲击,实现初步发展。第二阶段,迈创在AI技术的协助下进一步塑造供应链韧性,成功应对全球公共卫生事件冲击。在此阶段,迈创面临全球公共卫生事件带来的不确定性,同时,迈创海外业务节点分散、服务终端碎片化的特点又加剧了其面临的风险。而迈创搭建AI算法平台,围绕备件售后供应链服务,不断提高业务精益性和敏捷度,最终成功应对公共卫生事件冲击,及时恢复业务正常状态并实现增长。第三阶段,迈创在AI技术的参与下持续塑造供应链韧性,有效应对全球贸易复杂性冲击。在此阶段,逆全球化背景下海外地缘政治等因素加剧了跨境供应链的复杂性和

波动性,使得迈创的全球端到端售后供应链业务同时面临来自外部环境和供应链运营的多层面风险。在此阶段,迈创依托闭环的AI中枢塔,基于行业经验,打破多行业壁垒,为电子、IT、家电等行业客户提供全流程、系统化的智能售后服务解决方案。迈创应用AI模型算法将自身业务目标与客户价值目标相协同,成功塑造供应链韧性,实现长远发展。

2. 数据收集^②

本文的数据收集过程历时3年(即2020年6月至2023年7月)。基于数据收集方法服务于研究问题的原则,本文采用深度访谈、二手资料采集和现场观察的多来源数据收集方式,以提高数据的可信度(Yin, 2014)。其中,半结构化深度访谈是主要数据来源。

3. 数据分析

单案例研究既要注重“故事性”,也要注重科学性,即对现象展开系统性的编码(毛基业,2020)。本文采用Gioia et al.(2013)的结构化数据分析方法,通过深入挖掘多来源数据资料之间的潜在关联性和差异性,归纳出18个一阶概念;接着,通过在数据和理论之间反复比较,提炼出9个二阶主题;最后,整合具有相似性的二阶主题,形成3个聚合构念。在数据分析多次迭代的过程中,逐步实现数据与理论的匹配,最终构建起稳健的理论框架,形成有助于发展理论和指导实践的新洞见。

四、案例分析与发现

根据案例企业实践,本文从三个阶段展开分析:第一阶段为适应型供应链韧性塑造阶段,第二阶段为持续型供应链韧性塑造阶段,第三阶段为变革型供应链韧性塑造阶段。在案例分析过程中,本文将重点锚定基于具象AI认知的人机交互如何驱动供应链韧性形成与演进,探究在供应链韧性塑造的不同阶段人对AI的认知和人机协调过程如何演化。

1. 适应型供应链韧性塑造阶段:基于AI透明性认知的人机交互

在适应型供应链韧性塑造阶段,使用者实现AI透明性认知具象化,即在使用AI技术时感受到AI运行过程的可视性及其计算结果的可理解性(Shin and

Park, 2019),从而为AI赋能供应链韧性塑造奠定基础。具体而言,迈创通过基于AI透明性认知的人机交互推动适应型供应链韧性塑造主要表现在三个方面:目标协调方面,聚焦于推动实现AI技术运行可视化;行为协调方面,强调应用AI实现物流解耦点优化;决策协调方面,注重利用AI实现业务绩效稳健化。在AI技术的驱动下,迈创具备预先识别和规避业务风险的能力,逐步增强业务运营稳健性。^③

(1)技术运行可视化。此阶段的目标协调聚焦于通过设置稳健的数据收集系统和数据处理方式,保证AI平台应用数据的可控性和技术操作流程的可视性,使人们初步感知AI技术的透明性并对其建立信任(Shin, 2023)。

一是数据系统对接。迈创在公司内设置研究院,专门负责自主研发和更新迭代数据采集系统。迈创在系统中设置多种电子数据交换接口,以适配多元客户和服务商系统要求。数据采集以电子数据交换标准化接口对接为主,辅以文件导入、传感器读取等多种方式,在满足合作伙伴数据安全需求的前提下提高数据采集效率。二是多元数据集成,即实现长时间、广空间、跨行业和多层次的数据闭环。时间维度,迈创凭借长期服务经验,在智能系统积累了10余年的连续性业务数据。空间维度,迈创掌握全球70多个国家的服务数据,提炼了多元文化和制度环境的适应经验。在行业维度,迈创在手机、个人电脑、家电等多行业积累的运营服务数据,经归纳可形成跨领域通用的服务经验。数据层次维度,迈创形成了涵盖源数据和派生数据两种层次的数据仓库。据迈创信息技术部负责人描述,“数据采集系统中沉淀的数据经过清洗、过滤、切分等处理,被保存到数据仓库,在按照不同算法的要求进行筛选和提取后,可以被AI平台调用。”数据仓库中数据的真实完整性有利于人们感知到AI平台以及算法模型的可视性,促使人们对AI技术的透明性形成具象化认知。^④

(2)物流解耦点优化。此阶段的行为协调关注调整物流网络布局。物流解耦点指基于预测的推式生产流程和基于订单的拉式生产流程的分界点(宋华

等, 2023)。AI凭借对多元数据的洞察力,协助建立推式服务流程和重置供应链节点分拨职能,从而优化物流解耦点的位置。

一是推式流程建立。迈创在AI技术的协助下建立备件服务推送模式:利用AI平台,基于客户的历史产品故障率等派生数据以及服务商耗材量等实时数据来预测服务发生时间,进而提前向服务商配送维修设备,以保障在客户上门时及时提供服务。二是分拨职能重置。迈创利用AI等数字技术调整备件仓储总体布局,建立涵盖全球总仓、区域性总仓、国家仓、地区仓和分拨服务中心一级仓的全球五级仓储结构,从而有效提高物流解耦点的柔性。此外,迈创根据AI辅助决策结果,重新优化配置服务中心的分拨职能,赋予符合标准的服务中心以仓储和配送能力,使其成为分拨服务中心。不同于传统拉式服务模式,在总仓备件主动下沉到各个分拨服务中心的过程中,信息流和物流是同向运动的,即在AI的预测功能辅助下,总仓可以预先掌握终端服务需求信息,进而将此信息向供应链下游传播,同时提前将备件调拨到各分拨服务中心,以此提高服务效率。^⑤此外,迈创还利用综合选址模型、运输线路模型以及装箱模型进一步优化服务流程,以提升服务质量。^⑥在AI的支持下,迈创的服务准备时间缩短了30%,物流成本降低了23%,能使其有效应对预期的服务市场波动。

(3)业务绩效稳健化。此阶段的决策协调强调保障业务绩效稳健性。AI协助企业从多来源获取数据以全面感知产业环境(Sjödin et al., 2021),帮助企业降低业务风险,提高业务收益,从而增强企业防范风险和抵御危机的能力。

一是业务风险降低。迈创作为售后服务提供商,其业务模式主要存在以下风险点:资金占用率高,客户风险外溢,对自身能力的错误预判带来合同风险。为降低库存资金占用率,迈创利用AI对产品故障率进行精准预测,从而及时调控补货时间和库存储备量,以无限趋近“零库存”目标。为应对客户经营风险外溢,迈创对客户的产品工单量、故障率等

关键数据设置警告阈值,利用AI技术对这些关键数据进行自动偏差预警和偏差溯源分析,从而及时调整与客户的合作策略。为避免对自身能力的错误判断,迈创在设定合约的初始报价阶段,利用AI对历史业务数据进行建模,将实时经营数据与测算模型进行比对,进而科学评判自身能力。二是业务收益提高。AI技术的应用使得迈创具备风险管控能力和多渠道管理能力等“硬能力”,以及数字化管理和项目优化等“软能力”。在此基础上,迈创建立了预结费式的服务模式。这种服务模式以销售区域的营业收入和产品故障率为基准,预先按一定比例收取售后服务费。正如一位业务主管在接受访谈时所说,“与按单计费的服务模式相比,预结费式服务模式的收益更高,物料储备成本更低,能够促使企业的资金流转更顺畅,业务运行更稳健。”

2. 持续型供应链韧性塑造阶段:基于AI负责性认知的人机交互

在持续型供应链韧性塑造阶段,使用者实现AI负责性认知具象化,即通过明确数据信息的所有权与使用权,并不断提升算法的可用性,让使用者感知到AI服务结果的责任权属明确性(Shin and Park, 2019)。具体而言,迈创通过基于AI负责性认知的人机交互推动持续型供应链韧性塑造主要表现在三个方面:目标协调方面,强调实现AI技术责任可追溯;行为协调方面,聚焦于利用AI促进物流与信息流二元解耦点聚合;决策协调方面,关注应用AI推动实现业务关系网络化。AI不只是被应用于支持单点企业决策,更是赋能企业与供应链成员之间信息高效流转和协作关系强化(Sjödín et al., 2021),从而驱动企业与供应链成员协同应对风险,在遭受冲击后快速恢复供应链运营正常状态。^⑦

(1)技术责任可追溯。此阶段的目标协调聚焦于通过明确数据信息权属和算法职责来增强AI技术的应用规范性和服务指向性(Shin and Park, 2019),从而使人们感知到AI技术责任可追溯。

一是信息权属明确。迈创在与客户制定服务合约时即规范双方的数据信息使用权限与责任归属。

迈创根据不同客户对数据传递与使用的不同要求,与其签订定制化的数据信息权属合约。迈创只获取数据使用权,使用目的明确为提高双方业务效率。二是算法精准对接。依托较为完善的数据平台和AI算法平台,迈创赋予每种算法以精准解决供应链相应环节上的问题的能力与责任。服务供应链上的每一环节都有相应的算法负责精准调控。^⑧例如,针对采购链,其精准对应的算法负责基于采购申请单、采购订单等单据及时分析采购环节的运行状态,从而对每种备件、每个供应商的供货命中率和交期等指标进行预测。

(2)二元解耦点聚合。此阶段的行为协调关注数据贯通与流程优化。AI与人的交互协调促成了信息解耦点与物流解耦点的聚合。信息解耦点指基于AI驱动的数字孪生而形成的数字化的供应链服务流程分界点。AI与人协同交互打通服务闭环并提高服务过程智能性,促进二元解耦点的聚合,从而增强供应链服务的精敏性,提升业务的快速恢复能力(宋华等, 2023)。

一是售后闭环贯通。迈创在AI技术的协同下,打通“需求预测、服务管理、备件运营、渠道管理、坏件再制造”售后五大环节,为客户提供一站式综合服务。售后服务环节的贯通有利于形成信息闭环,从而使得算法训练结果和模型预测准确度进一步优化。同时,这有助于增强多服务环节之间的协同效应。根据迈创的客户反馈信息,迈创提供的一站式综合服务帮助客户减少了至少30%的备件库存。二是服务智能优化。迈创通过记录管理者决策方式与行为习惯,将气候、文化、物流等与管理者做计划相关的参考信息维度在系统中做好埋点,从而逐渐把管理者的经验进行量化,形成归因算法模型。AI模型依靠其学习能力,可以从现有的数据目录和外部数据源中识别所需信息,构建闭环售后服务知识体系,并不断产生新的见解。在这一阶段,迈创通过综合运用数据挖掘、Transformer等AI技术,提升了需求预测的准确性和客户服务达成率。^⑨迈创研究院负责人提到,“这降低了决策过程对人的经验的依赖,

提高了供应链服务决策最优解的实现率。”

(3)业务关系网络化。此阶段的决策协调聚焦于促进供应链网络成员协作。危机情境下,AI与人交互协调,助力企业贯彻以信息流驱动物流的逻辑,构建分布式仓库缓冲网络,同时强化主体之间的协作,使得供应链展现出较强的协同调度和互利共生能力。

一是分布网络构建。2020年公共卫生事件突发,迈创所在供应链链条长、节点分散,且物流信息变化频率高、幅度大。在AI的协助下,迈创实时跟踪物流受阻情况,动态调整仓库布局,构建分布式仓储网络,以分散风险。迈创基于主干物流网络信息和公共卫生事件防控政策等多方因素,决定在上海总仓外的江苏等地搭建多个临时仓,建立分布式仓储网络。同时,迈创利用AI技术调用区域优化模型、顺序模型等多种模型优化物料配送线路,在多个临时仓之间分散上海总仓的职能,进行全球物料调拨。AI协同下分布式仓储网络的构建使得迈创能够避免由于某仓库临时被封而造成的供应链断裂。因此,在突发公共卫生事件下,迈创仍能以较高的效率为客户提供服务。二是网络联结强化。公共卫生事件冲击下,迈创着眼于强化与供应链网络成员的联系,着力提升供应链整体的韧性。在公共卫生事件期间,对于自身毛利率较高的项目,迈创主动联系合作伙伴对其进行利益让渡,并利用自身网络位置优势为合作伙伴联系合适的业务渠道,以帮助供应链伙伴增强在危机期间的企业资金韧性。这使得迈创与合作伙伴建立起更加稳定持久的合作关系。迈创与其供应链网络成员之间的稳健合作有效增强了供应链成员在危机下的协同应对和快速恢复能力。公共卫生事件期间,迈创的服务指标达成率远超客户预期。迈创自身也实现业务的快速恢复和增长。2020-2022年,迈创业务状态快速恢复,营业收入由7.12亿元增长至14.73亿元。

3. 变革型供应链韧性塑造阶段:基于AI公平性认知的人机交互

在变革型供应链韧性塑造阶段,使用者实现AI公平性认知具象化,即通过提升AI服务的应用合法

性和覆盖广泛性,让使用者感知到AI服务过程和结果的公平性(Shin and Park, 2019)。具体而言,迈创通过基于AI公平性认知的人机交互推动变革型供应链韧性塑造主要表现在三个方面:目标协调方面,侧重于实现AI技术资源广覆盖;行为协调方面,聚焦于利用AI促进商流、信息流和物流多元解耦点重构;决策协调方面,关注应用AI推动实现业务发展生态化。在AI的驱动下,企业深度调整供应链运营模式,使整个供应链生态达到更具竞争力的状态。^⑩

(1)技术资源广覆盖。此阶段的目标协调关注通过建立AI价值识别例程和部署低耦合度的智能中枢系统,AI应用价值被更广泛地接受,同时,AI服务资源可以被更平等地获取。

一是价值识别例程构建。迈创在企业内构建AI服务的价值识别例程,即当研发团队调试好某一AI算法后,使AI算法与人类管理者同时对某一事项进行决策,接着对AI算法决策与人类决策的效率和效果进行公开比较。正如迈创副总经理所言,“当AI算法的绩效优于人类时,技术人员会实际感知到AI服务的应用价值,从而转变对AI算法的抵触心态,主动在业务中使用该算法。”二是智能中枢系统部署。迈创建立与外部生产系统分离的AI中枢塔,最大限度地降低算法与组织运营模块的耦合度,以提高算法和系统与外部环境的互动能力。迈创AI中枢塔实现了对各类算法的封装与维护,通过统一数据访问、统一资源服务、统一计算调度等技术手段,削弱了底层技术的复杂度对算法向外扩展应用的阻碍,为迈创向外部企业提供AI算法服务奠定基础。

(2)多元解耦点重构。此阶段的行为协调聚焦于升级商业模式和应用知识图谱。AI在供应链服务中的战略性参与促进了商流、信息流和物流多元解耦点的重构。商流解耦点指在特定商业模式下顾客的实时需求向供应链上游渗透的点。在AI的参与下,企业升级商业模式,并应用知识图谱创新业务处理方式,推动供应链多元解耦点的重构。

一是商业模式升级。迈创依托AI技术预先采集客户的需求信息,将传统的基于库存和订单的服务

模式升级为基于库存和预约信息的服务模式。在AI技术的参与下,迈创能够将终端市场的客户需求分布信息及时共享到供应链全链条。这有助于协同提升供应链成员的实际利润。在需求信息前置的基础上,迈创还对运营流程进行再优化。具体而言,迈创基于模型优化结果,在全球三大区域设置维修工厂。通过这种方式,迈创可以根据AI判定出的信息,在区域内完成部分维修,而无需将产品返回原产地。二是知识图谱应用。迈创应用知识图谱和自然语言处理技术,不断训练和测试语义识别模型,使得AI模型能够识别客户故障描述与标准故障描述之间的映射关系,快速找出与客户描述最匹配的十条标准故障代码,进而根据业务需求,推送相应的物料。^⑩经过系统的测试验证,迈创通过应用知识图谱,已将服务推送达成率提升至91%。

(3)业务发展生态化。此阶段的决策协调聚焦于促进供应链生态经济主体深度融合。全球贸易复杂性带来多重供应链风险背景下,AI在供应链运营过程中发挥战略性作用,其应用目标是延伸业务边界和拓展模型应用范围,以提高供应链生态整体竞争力。

一是业务边界延伸。AI赋能下的模块化备件维修和智能化故障诊断提高了售后服务效率,同时降低了跨行业服务人才培养门槛,从而为迈创跨行业提供服务创造了可能。迈创基于在消费电子行业积累的服务经验和核心数据,提炼业务逻辑,凭借其可扩展性较高的AI算法及模型,逐渐渗入多元行业生态,向诸如电动汽车、无人机等领域提供全球售后服务。这使得迈创在延伸自身业务边界的同时,可以

为更广阔的商业生态提供低成本解决方案。二是模型应用拓展。迈创将AI与大数据分析技术相结合,将元启发式算法运用到仓储选址、运输线路规划等业务决策场景中。依托AI技术,基于算法和模型数百次的迭代更新,迈创建立了知识驱动的智慧售后供应链管理系统。系统中的算法和模型既可以应用于组织内部业务的持续革新,又可以作为独立产品服务于生态合作伙伴的业务优化,从而赋能供应链生态成员协同发展。^⑪

综上所述,为有效应对外部冲击,迈创利用AI技术,基于情境变化,在人机交互协调的过程中实现AI具象化认知演化,从而推动由适应型供应链韧性到持续型供应链韧性,再到变革型供应链韧性的跃迁。迈创利用AI技术驱动供应链韧性形成与演进的整体过程如表2所示。

五、结论与讨论

本文围绕AI如何驱动供应链韧性塑造这一核心问题,针对迈创全球售后供应链管理实践,系统探究了供应链韧性的形成和动态跃迁过程,阐明了AI对供应链韧性塑造的独特作用,并提炼出AI驱动供应链韧性形成与演进机制的理论框架,如图2所示。具体研究结论如下。

1. 供应链韧性塑造过程中的人机交互机制

基于人机交互和具象AI认知理论以及对迈创供应链韧性塑造案例的分析发现,供应链韧性的形成经历了由适应型供应链韧性到持续型供应链韧性,再到变革型供应链韧性的三阶段动态演进。供应链韧性的形成和阶段跃迁是人机交互协调推动具象AI认知演化以适应外部变动环境的过程。

表2 迈创利用AI技术驱动供应链韧性形成与演进的整体过程

供应链韧性发展阶段		适应型供应链韧性塑造	持续型供应链韧性塑造	变革型供应链韧性塑造
外部冲击		跨国物流不确定性冲击	公共卫生事件冲击	全球贸易复杂性冲击
应对机制	AI认知具象化	AI透明性认知具象化	AI负责性认知具象化	AI公平性认知具象化
	人机交互协调	目标协调 行为协调 决策协调	技术运行可视化 物流解耦点优化 业务绩效稳健化	技术责任可追溯 二元解耦点聚合 业务关系网络化
应对成效		适应环境,初步发展	快速恢复,持续运营	变革模式,逆势增长

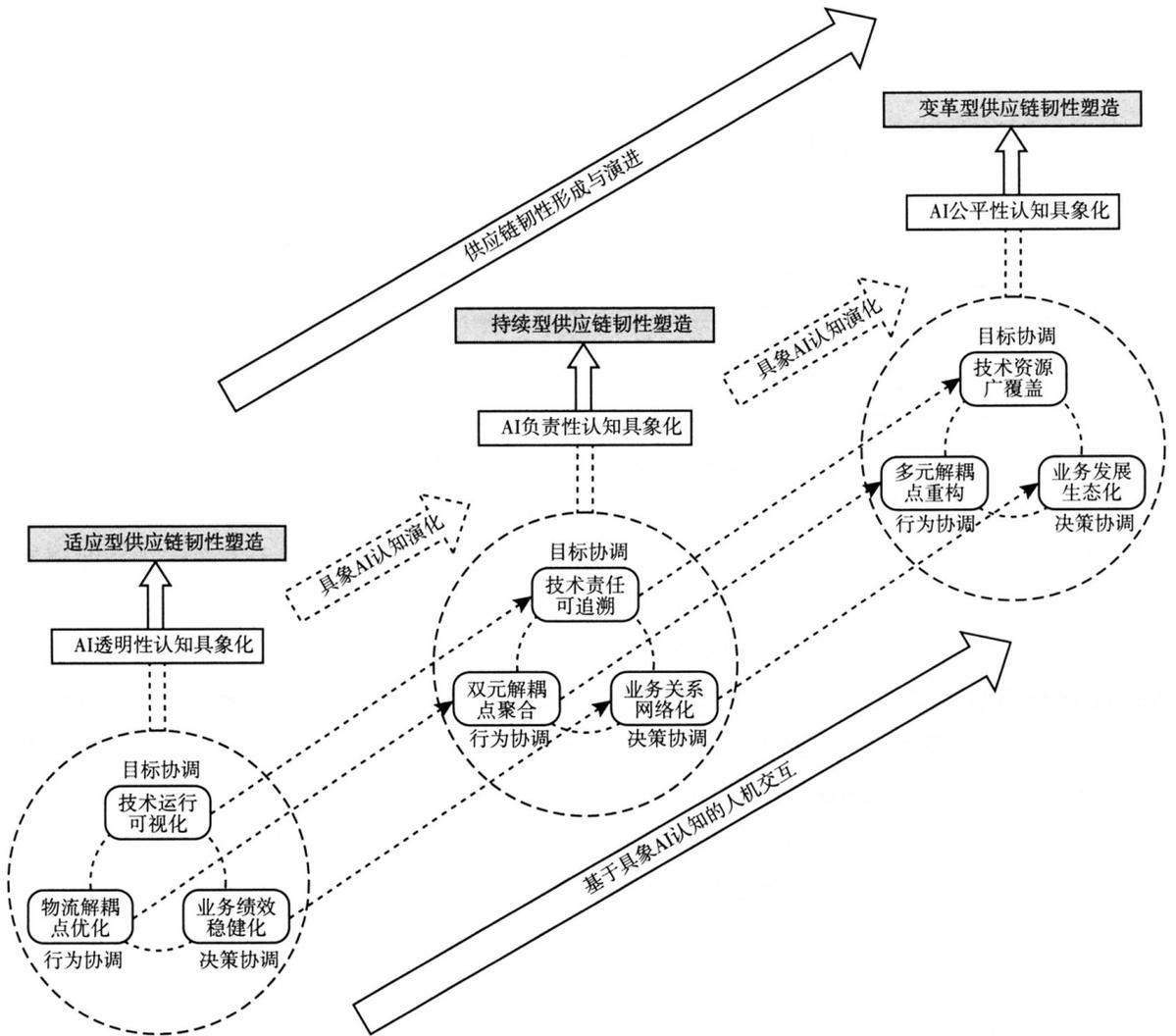


图2 AI驱动供应链韧性形成与演进机制的理论框架

通过案例分析,本文发现,作为社会系统,供应链聚焦于内部结构、流程和参与者;作为技术系统,其关注技术和任务。两者相互依存、相互作用,其协调的程度对于供应链抵御风险、强化韧性具有关键意义(Siawsh et al., 2021)。为适应动态变化的情境要求,需要通过人机交互推动人对AI技术的认知演化以有效发挥人与AI的协同作用。这一人机交互协调过程表现为三方面,即目标协调、行为协调与决策协调(Stonig et al., 2022; Hsieh and Vergne, 2023)。这三种协调机制互相影响、互为支撑,在人对AI技术的认知演化过程中内涵不断发展,逐步推动供应链韧性的发展。基于具象AI认知的人机交互发展过程如

图3所示。

具体而言,在适应型供应链韧性塑造阶段,人类使用者实现AI透明性认知具象化,即感知到AI技术应用过程和生成结果的透明性。在此阶段,目标协调过程体现为达成AI技术运行可视化,即通过建立稳健的数据处理方式使人们感知到AI技术应用过程的可理解性(Shin, 2023)。在行为协调方面,聚焦于通过变革供应链运行流程和组织职能优化物流解耦点,以提高供应链运营效率(宋华等, 2023)。而在决策协调方面,强调保障业务绩效稳健性,即利用AI技术从多来源获取数据以全面感知环境(Sjödín et al., 2021),从而帮助企业防范风险,提高收益。适应型

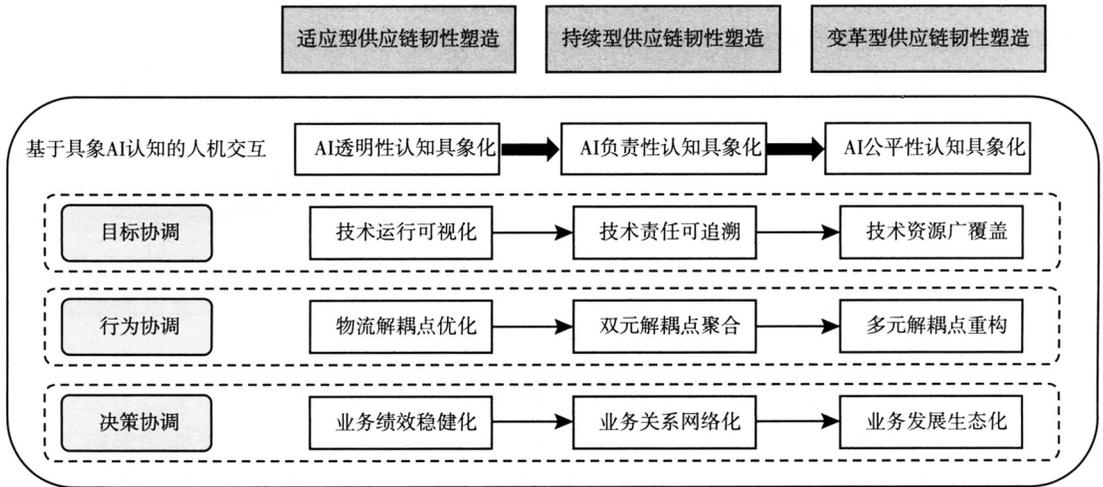


图3 基于具象AI认知的人机交互发展过程

供应链韧性的塑造侧重于保障供应链的稳健运行,在环境产生大幅变动之前建立韧性因素并将其嵌入供应链体系(Christopher and Peck, 2004),从而使供应链能够在风险发生前有效抵御潜在危害。

在持续型供应链韧性塑造阶段,人类使用者实现AI负责性认知具象化,即感知到AI服务结果的负责性。在此阶段,目标协调过程侧重于实现AI技术责任可追溯,即通过明确AI服务数据的权责归属以及将算法与业务精准匹配,令参与者感知到AI服务结果的责任归属明确性。行为协调方面,关注通过贯通服务闭环和促进服务智能优化来推动信息流与物流二元解耦点聚合,使供应链拥有面对外界快速变化的环境的灵活反应能力。而此阶段的决策协调过程聚焦于令AI技术协助塑造供应链网络关系,促进成员互动协作。持续型供应链韧性的塑造聚焦于培育供应链在面对风险时的及时调整能力,使供应链在逆境中迅速恢复常态。在由适应型供应链韧性向持续型供应链韧性跃迁的过程中,人类对AI的认知发展到对AI技术能力和安全性的认可;AI的赋能范围由核心企业拓展至供应网络;在AI的赋能下,供应链实现物流和信息流二元解耦点的聚合。

在变革型供应链韧性塑造阶段,人类使用者实现AI公平性认知具象化,即感知到AI服务过程的公平性。在此阶段,目标协调过程聚焦于实现AI技术

资源广覆盖,即通过设置例程规则和架构中枢系统使供应链生态内更广泛的主体受益。行为协调方面,关注在AI技术的赋能下,通过创新商业模式和应用知识图谱,重构供应链物流、信息流、商流多元解耦点。决策协调方面,强调推动实现供应链生态成员的深度融合,通过成员的协同和产业环节的衔接,形成应对风险的系统能力。变革型供应链韧性的塑造关注通过升级和拓展商业模式来整合多方的资源和能力,从而使整个供应链达到一个新的、更具竞争力的状态(宋华, 2023)。在由持续型供应链韧性向变革型供应链韧性跃迁的过程中,人对AI的公平性认知得到强化;AI的赋能范围进一步拓展至供应链生态;在AI的赋能下,供应链业务模式革新,价值实现方式向多元化和规范化发展。

2.AI对供应链韧性塑造的作用过程

本文发现,在AI驱动供应链韧性塑造的过程中,随着AI应用的深化,AI发挥的作用逐渐发生三方面的转变。

(1)作用性质方面,AI对供应链韧性塑造的作用由工具性向战略性转变。在AI推动供应链韧性塑造的初始阶段,AI主要作为技术工具辅助组织决策,其目标聚焦于帮助组织提升效率。随着人们对AI应用的过程透明性和权责明确性形成认知,AI的作用性质逐步向战略性方向转变。即一方面AI推动创新供应链服务模式,扩展供应链价值创造场景;另一方面

AI基于端对端供应链管理平台数据能够及时诊断问题发生的根源,从而使企业预先采取措施,保障供应链持续运行。

(2)作用范围方面,AI的作用由优化单点业务向协调多点供应链环节转变。在初始阶段,企业主要应用AI技术对分散的业务流程进行优化,以提高其运行效率。而随着AI的应用不断深入,AI的作用逐渐向增强供应链多环节业务之间的协同转变,即基于AI中枢塔中长跨度、多维度的数据信息以及精准对接的模型和算法,可以实现数字供应链的贯通以及物理供应链与数字供应链的整合。在AI的赋能下,终端客户信息可以被及时同步到供应链前端的各个节点。这有助于供应链各节点更合理地组织资源,推动实现供应链上下游企业库存管理等环节的联动以及相关业务的协同整合,进而找到使供应链各环节整体利益最优的解耦点(宋华等,2023)。

(3)作用角色方面,AI的作用由被动性支持向主动性参与转变。技术要素不只是一个被动实体,还是拥有一定自主性的行动者(Sayes,2014),其在组织环境中与人类行动者处于平等地位(宋华等,2022)。在AI应用初期,AI主要作为数据分析工具被用于模拟分析运营环境,以提高决策准确性,降低风险和成本。而随着AI应用的深化,AI在供应链活动中的参与主动性日益增强。即AI基于深度学习,可将人类的经验算法化,推动供应链服务模式创新(Shrestha et al.,2021),从而与人类协同互补(吴小龙等,2022),发挥驱动供应链韧性塑造的主体性作用。

六、理论贡献与实践启示

1. 理论贡献

本文洞察了AI驱动下供应链韧性的形成与演进这一核心问题,明晰了基于具象AI认知的人机交互推动供应链韧性形成和阶段跃迁的完整过程,识别了AI技术发挥的独特作用,提炼了AI驱动供应链韧性形成与演进机制的理论框架。本文的理论贡献主要包括以下三方面。

(1)提出基于具象AI认知的人机交互理论,拓展

了人机交互理论对于人的技术认知的理解(Joseph and Gaba,2020)。本文剖析了供应链韧性塑造情境下基于具象AI认知的人机交互过程,弥补了既有研究未能深入探讨人的认知因素影响人机交互过程的不足(Shin,2023)。此外,本文阐明了人对AI的认知的动态演化过程。现有研究忽略了人对AI形成认知的情境条件(Kitchin,2017),本文提出,随着供应链韧性塑造目标的跃迁,AI的应用形式动态更迭,人对AI的认知逐渐演化。而认知的发展又促进下一阶段的目标构建和人机交互过程。这主要表现为,在适应型供应链韧性塑造过程中,人们为了能预知外部风险进而及时调整供应链,需要AI技术的支持以监控和优化运营流程。在此情境下,基于AI平台的数据来源可靠性和技术操作系统性,人们对AI技术的透明性产生具象化认知,进而对AI产生初始的技术信任(Shin,2023)。而在持续型供应链韧性塑造过程中,人们为了保证供应链在遭受外部冲击后能迅速恢复常态,需要AI的协助以完善供应链运营模式和强化多主体协作关系。在此情境下,基于AI服务的责任归属明确性和算法指向精准性,人们对AI技术的负责性产生具象化认知。而在变革型供应链韧性塑造过程中,为了推动供应链业务的模式创新和长远发展,需要AI技术的战略性参与以拓展业务生态和构建知识图谱。在此情境下,基于AI服务的应用过程合法性和覆盖对象广泛性,人们对AI技术的公平性产生具象化认知。随着供应链韧性塑造情境的演变,在人与AI交互协调以适应环境要求的过程中,人对AI的具象化认知实现发展与深化。本文的研究结论能够为后续人机交互及其与供应链韧性塑造之间关系的研究提供一种新的理论视角(Bailey et al.,2022)。

(2)解构了供应链韧性塑造场景下,AI的差别性作用及其梯次发展特征,揭示了AI不仅具备算力基础上对供应链决策的支持性作用,更具有面向供应链韧性建设的协调和规范性作用,响应了Williams et al.(2017)对探究数字技术与韧性发展关系的呼吁。与现有文献主要关注AI作为技术工具所发挥的支持

性作用不同(Vial, 2019),本文提出AI对供应链韧性的作用效果呈现出梯次发展的状态。AI对供应链韧性塑造的作用机制可以分解为目标协调、行为协调和决策协调三方面。这三种机制互相影响、互为支撑。其中,目标协调方面,AI的应用目标经历了由技术运行可视化,到技术责任可追溯,再到技术资源广覆盖的递进过程;行为协调方面,AI的作用流程经历了由优化供应链物流解耦点到聚物流流与信息流二元解耦点,再到重构物流、信息流和商流多元解耦点的转变过程;决策协调方面,AI的决策准则经历了由支持企业业务决策到协调供应链网络关系,再到规范供应链生态价值的深化过程。本文提出,在三种协调机制的演进过程中,AI的作用性质由工具性演变为战略性,作用范围由单点扩展至全链,作用角色由被动支持转化为主动参与,从而打开AI驱动供应链韧性塑造的作用机制“黑箱”。

(3)洞察了供应链韧性演化的底层机制与实现阶段跃迁的关键驱动力,建构了AI推动供应链韧性形成与演进机制的理论模型,阐明了供应链韧性三阶段的塑造过程和两次跃迁的行为路径,拓展了供应链韧性研究的理论边界(Wieland et al., 2023)。现有文献关注到不同层级供应链韧性的存在(宋华, 2023),而未能揭示供应链韧性实现层级跃迁的触发点和驱动因素(Williams et al., 2017)。本文发现,AI驱动下适应型供应链韧性的塑造需要人对AI的透明性形成具象化认知,在AI的支持下优化供应链物流解耦点。AI具象化认知的发展、业务流程的改进以及AI作用范围的拓展,触发了供应链韧性向持续型阶段跃迁。而持续型供应链韧性的塑造需要人对AI的负责性形成具象化认知,在AI的协助下贯通和优化供应链运营全流程,并逐步塑造供应链网络关系。AI具象化认知的强化、服务模式的革新及其决策内涵的深化,触发了供应链韧性向变革型阶段跃迁。变革型供应链韧性的塑造需要人对AI的公平性形成具象化认知,在AI的战略性参与下构建现有协作关系的知识图谱,同时凭借AI服务的可拓展性发展新的合作关系,从而推动合作伙伴的深度融合和稳健

发展。本文通过为AI驱动下供应链韧性的形成与演进机制提供新颖洞见,一方面补充了现有文献对供应链韧性塑造机制探索不足的研究缺口,另一方面深化了数字经济时代对人机交互推动供应链韧性发展问题的探索(Sturm et al., 2021)。

2. 实践启示

本文为数字经济时代企业应用AI等数字技术助推供应链韧性塑造提供如下三点实践启示:①在VUCA环境下,管理者要深入理解数智化转型与供应链韧性发展之间的密切联系,制定合理的AI应用战略,利用AI技术激发供应链管理的危机应对能力与创新增长能力。②管理者要充分发挥AI在促进供应链韧性塑造过程中的主动性作用。一方面,帮助企业员工调整对AI技术的认知,通过构建AI的价值识别例程来促使员工对AI的透明性、负责性和公平性特征产生具体认知;另一方面,将人的经验和创造性优势与AI的数据分析和程序化优势相结合,发挥人与AI在供应链韧性塑造过程中的协同性作用。③管理者要根据供应链运营环境变化,动态调整AI开发与应用战略,将内部数智化变革进程与外部供应链运营环境相适应,实现供应链的数智化风控。

3. 研究局限与未来展望

本文在现有的供应链韧性建设相关文献的基础上,从人机交互和具象AI认知理论相结合的理论视角出发,深入探索了AI驱动下供应链韧性形成与演进的过程以及AI对供应链韧性的作用机制,拓展了人机交互和具象AI认知理论内涵,并深化了供应链韧性塑造的相关理论。但本文的研究仍存在有待完善之处:本文主要关注AI应用对供应链韧性塑造的影响,而宏观的制度环境、中观的社会网络关系以及微观的企业文化等因素对供应链韧性的形成也有一定作用,未来研究可以将这些因素纳入考虑范围,为供应链韧性塑造机制提供更全面的理解。此外,还可以从数字治理等理论视角出发(Hanisch et al., 2023),探索供应链运营场景下数字治理如何影响供应链韧性塑造。

感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,文责自负。

注释:

①迈创 AI 驱动的供应链韧性发展阶段划分参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

②数据收集参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

③AI 驱动适应型供应链韧性塑造过程参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

④迈创 AI 平台底层架构参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

⑤AI 辅助决策下迈创服务模式变革过程参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

⑥AI 促进建立推式流程和重置分拨职能部分实例参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

⑦AI 驱动持续型供应链韧性塑造过程参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

⑧迈创服务供应链算法对接参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

⑨AI 助力服务闭环和智能优化部分实例参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

⑩AI 驱动变革型供应链韧性塑造过程参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

⑪AI 助力优化流程和知识图谱部分实例参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

⑫迈创智慧售后供应链管理系统结构参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

参考文献:

[1]范合君,吴婷,何思锦.企业数字化的产业链联动效应研究[J].中国工业经济,2023,(3):115-132.

[2]李树文,罗瑾璋,张志菲.AI能力如何助推企业实现价值共创——基于企业与客户间互动的探索性案例研究[J].中国工业经济,2023,(5):174-192.

[3]毛基业.运用结构化的数据分析方法做严谨的质性研究——中国企业管理案例与质性研究论坛(2019)综述[J].管理世界,2020,(3):221-227.

[4]毛基业,苏芳.案例研究的理论贡献——中国企业管理案例与质性研究论坛(2015)综述[J].管理世界,2016,(2):128-132.

[5]盛昭瀚,王海燕,胡志华.供应链韧性:适应复杂性——基于复杂系统管理视角[J].中国管理科学,2022,(11):1-7.

[6]宋华.建立数字化的供应链韧性管理体系——一个整合性的管理框架[J].供应链管理,2022,(10):9-20.

[7]宋华.中国供应链韧性建设与高质量发展:内涵、机制与路径[J].供应链管理,2023,(9):5-24.

[8]宋华,韩思齐,刘文诣.数字技术如何构建供应链金融网络信任关系[J].管理世界,2022,(3):182-200.

[9]宋华,杨晓叶,罗剑玉.基于数字化平台预约需求系统的供应链解耦点最优决策研究[J].中国管理科学,2023,(3):1-17.

[10]陶锋,王欣然,徐扬,朱盼.数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率[J].中国工业经济,2023,(5):118-136.

[11]巫强,姚雨秀.企业数字化转型与供应链配置:集中化还是多元化[J].中国工业经济,2023,(8):99-117.

[12]吴小龙,肖静华,吴记.人与AI协同的新型组织学习:基于场景视角的多案例研究[J].中国工业经济,2022,(2):175-192.

[13]吴小龙,肖静华,吴记.当创意遇到智能:人与AI协同的产品创新案例研究[J].管理世界,2023,(5):112-126.

[14]张鹏杨,刘维刚,唐宜红.贸易摩擦下企业出口韧性提升:数字化转型的作用[J].中国工业经济,2023,(5):155-173.

[15]Bailey, D. E., S. Faraj, P. J. Hinds, P. M. Leonardi, and G. von Krogh. We Are All Theorists of Technology Now: A Relational Perspective on Emerging Technology and Organizing[J]. Organization Science, 2022, 33(1): 1-18.

[16]Balakrishnan, A. S., and U. Ramanathan. The Role of Digital Technologies in Supply Chain Resilience for Emerging Markets' Automotive Sector[J]. Supply Chain Management: An International Journal, 2021, 26(6): 654-671.

[17]Belhadi, A., V. Mani, S. S. Kamble, S. A. R. Khan, and S. Verma. Artificial Intelligence-Driven Innovation for Enhancing Supply Chain Resilience and Performance under the Effect of Supply Chain Dynamism: An Empirical Investigation[J]. Annals of Operations Research, 2021,(1): 1-26.

[18]Berente, N., B. Gu, J. Recker, and R. Santhanam. Managing Artificial Intelligence[J]. MIS Quarterly, 2021, 45(3): 1433-1450.

[19]Christopher, M., and H. Peck. Building the Resilient

Supply Chain[J]. *International Journal of Logistics Management*, 2004, 15(2): 1–13.

[20]Csaszar, F. A., and T. Steinberger. Organizations as Artificial Intelligences: The Use of Artificial Intelligence Analogies in Organization Theory[J]. *Academy of Management Annals*, 2022, 16(1): 1–37.

[21]Gaggioli, A., G. Riva, D. Peters, and R. A. Calvo. Emotions and Affect in Human Factors and Human–Computer Interaction[M]. New York: Academic Press, 2017.

[22]Gioia, D. A., K. G. Corley, and A. L. Hamilton. Seeking Qualitative Rigor in Inductive Research: Notes on the Gioia Methodology[J]. *Organizational Research Methods*, 2013, 16(1): 15–31.

[23]Haenlein, M., and A. Kaplan. A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence[J]. *California Management Review*, 2019, 61(4): 5–14.

[24]Hanisch, M., C. M. Goldsby, N. E. Fabian, and J. Oehmichen. Digital Governance: A Conceptual Framework and Research Agenda[J]. *Journal of Business Research*, 2023, 162: 113777.

[25]Hsieh, Y.–Y., and J.–P. Vergne. The Future of the Web? The Coordination and Early–Stage Growth of Decentralized Platforms[J]. *Strategic Management Journal*, 2023, 44(3): 829–857.

[26]Ivanov, D., and A. Dolgui. A Digital Supply Chain Twin for Managing the Disruption Risks and Resilience in the Era of Industry 4.0[J]. *Production Planning & Control*, 2021, 32(9): 775–788.

[27]Ivanov, D., A. Dolgui, and B. Sokolov. The Impact of Digital Technology and Industry 4.0 on the Ripple Effect and Supply Chain Risk Analytics[J]. *International Journal of Production Research*, 2019, 57(3): 829–846.

[28]Jarrahi, M. H. Artificial Intelligence and the Future of Work: Human–AI Symbiosis in Organizational Decision Making [J]. *Business Horizons*, 2018, 61: 577–586.

[29]Joseph, J., and V. Gaba. Organizational Structure, Information Processing, and Decision Making: A Retrospective and Roadmap for Research[J]. *Academy of Management Annals*, 2020, 14(1): 267–302.

[30]Kitchin, R. Thinking Critically about and Researching Algorithms[J]. *Information Communication & Society*, 2017, 20(1):

14–29.

[31]Leone, D., F. Schiavone, F. P. Appio, and B. Chiao. How Does Artificial Intelligence Enable and Enhance Value Cocreation in Industrial Markets? An Exploratory Case Study in the Healthcare Ecosystem[J]. *Journal of Business Research*, 2021, 129: 849–859.

[32]Mikalef, P., K. Conboy, and J. Krogstie. Artificial Intelligence as an Enabler of B2B Marketing: A Dynamic Capabilities Micro–Foundations Approach[J]. *Industrial Marketing Management*, 2021, 98: 80–92.

[33]Nan, N., and H. Tanriverdi. Unifying the Role of IT in Hyperturbulence and Competitive Advantage Via a Multilevel Perspective of IS Strategy[J]. *MIS Quarterly*, 2017, 41(3): 937–958.

[34]Ortiz–de–Mandojana, N., and P. Bansal. The Long–Term Benefits of Organizational Resilience through Sustainable Business Practices[J]. *Strategic Management Journal*, 2016, 37(8): 1615–1631.

[35]Pettit, T. J., K. L. Croxton, and J. Fiksel. The Evolution of Resilience in Supply Chain Management: A Retrospective on Ensuring Supply Chain Resilience[J]. *Journal of Business Logistics*, 2019, 40(1): 56–65.

[36]Ponomarev, S. Y., and M. C. Holcomb. Understanding the Concept of Supply Chain Resilience[J]. *International Journal of Logistics Management*, 2009, 20(1): 124–143.

[37]Sayes, E. Actor–Network Theory and Methodology: Just What Does It Mean to Say That Nonhumans Have Agency[J]. *Social Studies of Science*, 2014, 44(1): 134–149.

[38]Schuetz, S., and V. Venkatesh. Research Perspectives: The Rise of Human Machines: How Cognitive Computing Systems Challenge Assumptions of User–System Interaction[J]. *Journal of the Association for Information Systems*, 2020, 21(2): 460–482.

[39]Seeber, I., E. Bittner, R. O. Briggs, T. de Vreede, G. J. De Vreede, A. Elkins, and G. Schwabe. Machines as Teammates: A Research Agenda on AI in Team Collaboration[J]. *Information and Management*, 2020, 57(2): 103–174.

[40]Shalev, I. Implicit Energy Loss: Embodied Dryness Cues Influence Vitality and Depletion[J]. *Journal of Consumer Psychology*, 2014, 24(2): 260–270.

- [41]Shin, D. User Perceptions of Algorithmic Decisions in the Personalized AI System: Perceptual Evaluation of Fairness, Accountability, Transparency, and Explainability[J]. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, 2021, 64(4): 541–565.
- [42]Shin, D. Embodying Algorithms, Enactive Artificial Intelligence and the Extended Cognition: You Can See as Much as You Know about Algorithm[J]. *Journal of Information Science*, 2023, 49(1): 18–31.
- [43]Shin, D., and Y. Park. Role of Fairness, Accountability, and Transparency in Algorithmic Affordance[J]. *Computers in Human Behavior*, 2019, 98: 277–284.
- [44]Shrestha, Y. R., V. Krishna, and G. von Krogh. Augmenting Organizational Decision-Making with Deep Learning Algorithms: Principles, Promises, and Challenges[J]. *Journal of Business Research*, 2021, 123: 588–603.
- [45]Siawsh, N., K. Peszynski, L. Young, and H. Vo-Tran. Exploring the Role of Power on Procurement and Supply Chain Management Systems in a Humanitarian Organisation: A Socio-Technical Systems View[J]. *International Journal of Production Research*, 2021, 59(12): 3591–3616.
- [46]Sjödín, D., V. Parida, M. Palmié, and J. Wincent. How AI Capabilities Enable Business Model Innovation: Scaling AI through Co-Evolutionary Processes and Feedback Loops[J]. *Journal of Business Research*, 2021, 134: 574–587.
- [47]Stonig, J., T. Schmid, and G. Müller-Stewens. From Product System to Ecosystem: How Firms Adapt to Provide an Integrated Value Proposition[J]. *Strategic Management Journal*, 2022, 43(9): 1927–1957.
- [48]Sturm, T., J. P. Gerlach, L. Pumplun, N. Mesbah, F. Peters, C. Tauchert, N. Nan, and P. Buxmann. Coordinating Human and Machine Learning for Effective Organizational Learning[J]. *MIS Quarterly*, 2021, 45(3): 1581–1602.
- [49]Toorajipour, R., V. Sohrabpour, A. Nazarpour, P. Oghazi, and M. Fischl. Artificial Intelligence in Supply Chain Management: A Systematic Literature Review[J]. *Journal of Business Research*, 2021, 122: 502–517.
- [50]Vial, G. Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda[J]. *Journal of Strategic Information Systems*, 2019, 28(2): 118–144.
- [51]Wieland, A., M. Stevenson, S. A. Melnyk, S. Davoudi, and L. Schultz. Thinking Differently about Supply Chain Resilience: What We Can Learn from Social-Ecological Systems Thinking[J]. *International Journal of Operations & Production Management*, 2023, 43(1): 1–21.
- [52]Williams, T. A., D. A. Gruber, K. M. Sutcliffe, D. A. Shepherd, and E. Y. Zhao. Organizational Response to Adversity: Fusing Crisis Management and Resilience Research Streams[J]. *Academy of Management Annals*, 2017, 11(2): 733–769.
- [53]Yin, R. K. *Case Study Research: Design and Methods* (5th ed.)[M]. CA: Sage Publications, 2014.
- [54]Zouari, D., S. Ruel, and L. Viale. Does Digitalising the Supply Chain Contribute to Its Resilience[J]. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2021, 51(2): 149–180.