

【供应链管理】

人工智能数智供应链的理论探索与展望

宋 华

【摘 要】进入人工智能时代,供应链正经历着从传统运营模式向数智化运营模式的转变。人工智能数智供应链是以人工智能和机器学习为基础,实现智能化、网络化、协同化、集成化、自动化的综合集成技术和管理系统。通过人机协作和融合,人工智能数智供应链成为具有自我意识、自我决定、自我优化等特征的自主供应链,其产业发展目标具有韧性与可持续性。人工智能数智供应链更依赖人工智能和机器学习来完成自动化决策过程,通过融合人工智能、物联网、大数据等先进技术,能够实时监测和分析供应链各环节,及时发现潜在问题和风险。人工智能数智供应链运营绩效取决于供给和需求两端的建设。从供给视角看,人工智能的组织方式、流程整合和要素协同是决定人工智能作用的基础。从需求视角看,人类对人工智能的认知、情感和功能期待是决定人工智能实际效率的核心。供需之间的匹配程度决定人工智能数智供应链的效能。人工智能数智供应链的治理机制是混合治理机制,融合了契约治理、关系治理和算法治理,并随着不同的情景而呈现出融合程度的差异性。

【关键词】人工智能;数智供应链;供需视角;混合治理机制;理论探索与展望

【作者简介】宋华(1969-),男,湖北省武汉市人,中国人民大学商学院教授,博士研究生导师,中国人民大学中国供应链战略管理研究中心主任,主要研究方向为供应链金融、数字供应链和服务供应链等(北京100872)。

【原文出处】《中国流通经济》(京),2024.1.44~54

【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”(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”(21AZD015)。

随着数字技术的不断发展和广泛引用,供应链数字化已经成为推动产业高质量发展的重要驱动力^[1-2],在这些变革性的技术(包括区块链、物联网、云计算等)中,最引人关注的是人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术。人工智能通过模拟人类智能的方式,使计算机系统能够执行类似于人类思维和决策的任务^[3]。人工智能涵盖多个领域,包括机器学习、自然语言处理、计算机视觉等,并可以通过学习和适应来改进自身性能,根据环境和任务的变化做出相应决策。人工智能的目标是使计算机能够理解、推理、学习和解决问题,以及与人类进行交互与合作。正是因为上述特点,人工智能已经广泛应用于企业经营管理的各个方面,包括市场营销^[4]、战略决策^[5]、信用风险管理^[6]等领域,其中供应链管理是人工智能

应用的重要领域,并推动供应链进入新阶段^[7-8]。

人工智能技术与供应链运营和管理的融合,其根源在于对供应链数字化价值的追求。在当今日益复杂的供应链环境下,数字化转型成为必然趋势^[9]。首先,在技术层面,数字供应链是一个智能的最佳实践系统,依赖于强大的数据处理能力以及对硬件、软件和网络之间协同与通信的卓越管理,能够将数字技术有效应用于供应链管理和运营中;其次,在行为层面,数字供应链能够促进组织之间的交互,通过降低沟通、协调与合作成本,提高交互效率,实现更高效的协作;最后,在成效方面,数字供应链通过提供更有价值、更容易获取且价格合理的服务,确保一致性结果,推动人机互动的智慧网络形成,不仅能够提升服务质量,还使服务更便捷,最终为所有参与者带

来巨大利益。而人工智能正好有助于这些目标的实现,使供应链更精准、更快速和更有效^[7]。

尽管人工智能技术在供应链运营和管理中的应用带来一系列变革,无论是理论界还是实业界都对人工智能与供应链的融合给予极高的期许,但仍有一些问题需要分析探索,包括基于人工智能的供应链运营管理与以往的信息化供应链或者基于其他数字技术的供应链有什么异同,人工智能数智供应链运营管理能力能够真正实现高绩效的关键因素是什么,人工智能数智供应链的治理机制是什么等。

一、供应链发展沿革及其与人工智能的融合

理解供应链与人工智能的融合必须从历史视角来看供应链运营管理的发展以及相应信息技术的发展(参见图1)。事实上,供应链概念经历了一个不断发展的过程^[10],已经由1.0演变到了5.0。

供应链概念的形成始于20世纪70年代末80年代初,供应链管理在该时期成为管理领域的重要分支。一是商业经济的发展从供给端转向需求端,亦即经济发展的质量和效益不仅取决于生产方,还取决于市场和客户,如何及时、敏锐地了解 and 掌握市场状态与客户需求情况,引导采购、生产和物流,改变各自为政的决策状态成为企业经营的关键,也是决定竞争力的核心^[11];二是随着大规模以及超大规

模集成电路的发展,信息化开始渗入到企业经营的各个方面,这主要表现为物料需求计划(Material Requirement Planning, MRP)II 的出现,MRP II 是在MRP的基础上扩展形成的,主要解决的是生产计划、库存管理和物料需求计划的问题。MRP II 将各部门的信息集成到一个系统,提高了企业的生产效率和物料管理效率。1982年英国学者奥利弗(Oliver)等^[12]首次提出供应链概念,他们认为供应链是一个包括规划、实施和控制在内的运作过程,核心目标是最大限度地满足客户需求。该时期,供应链的概念开始具备系统化、信息化的特征。一方面,在组织方面强调多职能部门之间的协作与沟通,强调计划之间的相互衔接;另一方面,通过MRP II 系统实施协同化的运营和管理。因此,该阶段的供应链可以称之为1.0阶段的供应链。

进入20世纪90年代,随着全球经济一体化的加速和信息技术的发展,供应链管理的视角逐渐发生变化,从关注组织内部不同环节、部门之间的优化转向组织内外的全面协同与整合管理,即供应链2.0。这意味着供应链端到端的整合成为关注重点,通过供应链协调和信息共享来提高效率。这一拓展的主要原因是决定企业绩效的因素已经不仅仅是企业内部

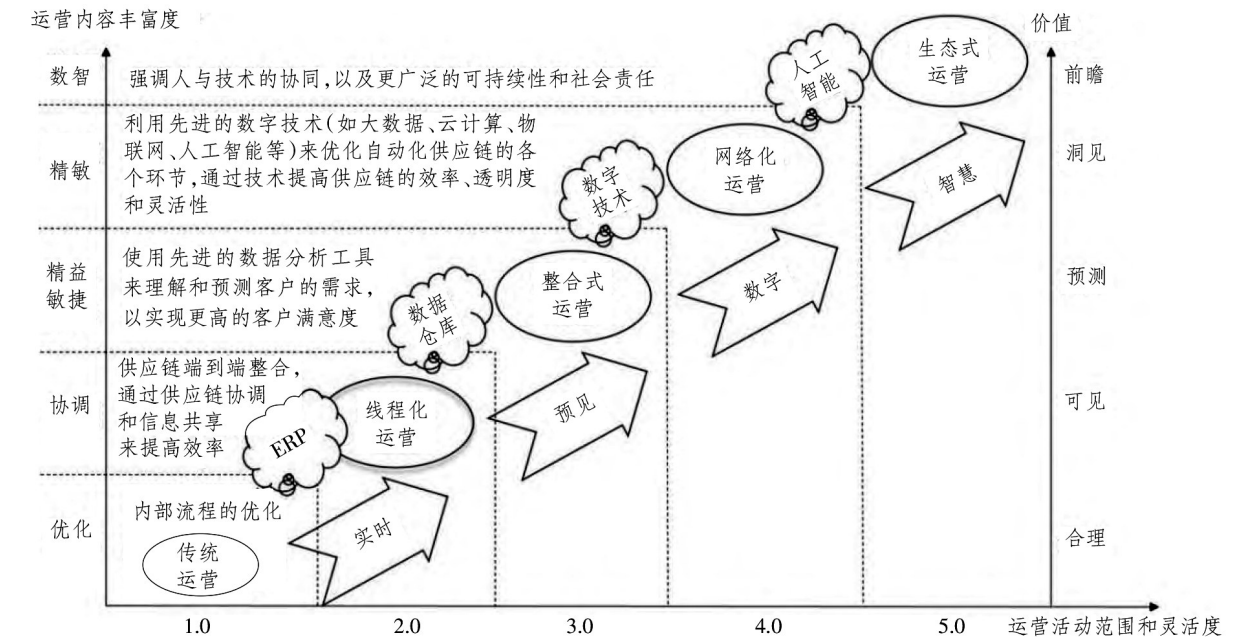


图1 供应链发展演化过程

供应链体系^[13]。在这个体系中,企业需要与供应商、制造商、分销商和客户等各方进行紧密合作,形成协同效应,以提高整体绩效。此外,以企业资源计划(Enterprise Resource Planning, ERP)为代表的信息化开始全面应用于管理中,ERP系统在MRP II基础上进一步扩展,包括更多的功能模块,如财务、人力资源、采购、销售、库存等,并将这些模块集成到一个统一系统。ERP系统的出现标志着企业资源管理进入新阶段,可以帮助企业实现更全面和精细的管理与协调。该阶段的供应链涵盖了供应链管理的所有基本要素。首先,在组织方式上,供应链不再局限于企业内部各部门之间的协作,而是扩展到由上下游企业和特定合作伙伴组成的协同网络。其次,在流程管理上,供应链不再仅仅关注产品从生产到销售的物流环节,而是将商流、物流、信息流以及资金流等多个层面整合为一个完整的系统进行管理。最后,在管理要素方面,供应链涵盖了物质、技术和行为等多元因素,并且需要对这些因素进行有效组织和管理。总之,该阶段的供应链已经形成了一种更立体化和系统化的管理模式,对企业的运营和发展产生了深远的影响^[14]。

20世纪90年代中后期以来,随着全球市场竞争的加剧和客户需求日益多样化与个性化,供应链管理日益强调精益化和敏捷化^[15],供应链进入3.0阶段,企业既追求供应链成本最优,又追求快速响应。一方面,精益化是供应链管理的重要趋势,其目标是实现供应链成本的最优,即通过优化供应链各环节,降低库存、运输、采购等成本,提高整体经济效益。为实现精益化,企业必须加强供应链的协调和信息共享,实现端到端的整合,从而更好地掌握市场需求和供应情况,优化资源配置。另一方面,敏捷化也是供应链管理的重要趋势。在面对快速变化的市场需求时,企业必须具备快速响应能力。敏捷化的目标是通过提高供应链的灵活性和适应性,快速调整生产和供应策略,满足客户需求。为实现敏捷化,企业需要加强供应链的灵活性、可视性和可调整性,实现供应链各环节的快速响应和协同作业。供应链的精益化或敏捷化取决于业务或产品是功能性的还是创新性的。对需求稳定、周期长以及利润低的业务产

品,应建立精益供应链;对需求波动较大、周期短、利润高的业务产品,敏捷供应链是最佳形态。这一匹配关系就是著名的费舍尔(Fisher)模型^[16]。但是,无论是精益化还是敏捷化,都必须不断加强与上下游合作伙伴之间的合作和信息共享,形成紧密的商业合作关系,使用先进的数据分析工具来理解和预测客户需求,以实现更高的客户满意度。

进入21世纪,供应链运营的环境发生了根本性变革,网络化和复杂网络成为供应链运行的主形态,供应链进入4.0阶段。赫恩肖(Hearnshaw)等^[17]在总结供应链网络化时指出,该阶段的供应链具有三个方面的特点:一是供应链展现为网状结构分布,各节点之间呈现出短链特征;二是由于供应链范围越来越广泛,分布日益全球化,必须充分关注供应链的激励、协调和整合功能;三是该阶段供应链管理是基于三元或多元关系的信息和社会资本管理。同样,也有学者认为该阶段供应链是由节点、链接等构成的复杂适应系统^[18]。此外,以ABCD(A指人工智能[Artificial Intelligence],B指区块链[Block],C指云计算[Cloud Computing],D指大数据[Big Data])为代表的现代数字技术开启了第四次工业革命的大门。这些技术的应用赋予了供应链数字化的翅膀,推动其向更智能化和平台化的方向发展。在该阶段,供应链运营的目标更强调精益与敏捷的结合,产生了所谓精敏供应链^[19],即利用先进数字技术优化和自动化供应链各环节,最终提高供应链的效率、透明度和灵活性。

供应链5.0阶段即以人工智能为基础的供应链,是近年来备受关注的方向。人工智能成为推动供应链发展的重要驱动力,主要原因有两点。一是随着全球不确定性增强和逆全球化的兴起,供应链的安全性和韧性日益受到重视。如何有效利用人机互动,提升供应链的主动应对能力和对外部不确定性的反应能力,成为企业和行业关心的话题^[20]。二是从工业4.0到工业5.0的演进促进了供应链的数字化转型。工业4.0整合了物联网、云计算、网络—物理系统和认知计算,旨在创建智能工厂,通过实时监控和数据分析实现快速高效的决策。而工业5.0的目标是将人的参与重新引入工业生产中,强调人与智

能系统的协作,利用认知计算和人工智能来提高人类的决策能力,并解决社会问题和可持续性問題,如培育包容性劳动力、减少废物以及推广循环经济模式^[21-22]。正是由于这些驱动力的存在,供应链运营与管理不仅需要实现精益化和敏捷化,还必须具备高度智能化,以便帮助产业供应链实现人机互动协同,深入洞察供应链上每个利益相关者的功能,让每个参与者更好地了解所需材料的来源、产品需求及其之间的关系,更有效地采取措施防范供应链中断,适应生态复杂性变化。此外,借助智能化决策,各方可以凭借自身的诀窍、核心能力和知识,通过健康的生态治理维持供应链持续发展。

二、人工智能数智供应链及其核心特征

如何理解人工智能数智供应链,无论是理论界还是实业界都在不断探索中。有的是从供应链运行的特征定义人工智能数智供应链,有的则是从人工智能在供应链运营中发挥的功能来界定,也有的关注供应链具体运营活动与相应匹配的人工智能技术。如有学者认为,如果供应链管理同时满足以下两个特征,就被认为是基于人工智能的数智供应链:自主决策以实现供应链管理的相关目标,并且能够在部分未知环境下做到这一点^[23]。显然,该定义认为人工智能数智供应链能通过情景自主学习实现决策。还有的学者从人工智能在供应链管理中发挥的作用来界定人工智能数智供应链,诸如供应链预测、供应链库存管理、供应链收入管理和营销、供应链运输管理以及供应链风险分析等^[24]。另有研究提出人工智能在供应链运营中主要作用于库存控制与规划、采购与供应管理、需求计划与预测和订单选择等问题^[25]。还有学者关注供应链运营中具体的人工智能技术,托拉吉普(Toorajipour)等^[7]的研究表明,在人工智能数智供应链运营中,主要的人工智能技术是用来发现人类无法发现的复杂模式的人工神经网络(Artificial Neural Networks)、处理部分真值概念多值逻辑的模糊逻辑模型(Fuzzy Logic and Models)以及感知周围环境自主解决特定问题的多智能体和基于智能体的系统(Multi-agent and Agent-based Systems)。

上述定义和理解虽然都从一定程度上反映了以人工智能为基础的数智供应链运营的部分特征,但

显然没有能够从整体上反映人工智能在供应链运营中的独特作用,特别是人工智能是如何在供应链中发挥独特作用,是如何改进运营绩效的^[26]。基于此,我们认为:

人工智能数智供应链是以人工智能和机器学习为基础,实现智能化、网络化、协同化、集成化、自动化的综合集成技术和管理系统。通过人机协作和融合,人工智能数智供应链正在成为具有自我意识、自我决定、自我优化等特征的自主供应链,其产业发展目标具有韧性与可持续性。

可以从供应链运营管理的基础、方式、手段和成效四个方面理解该定义。

第一,从供应链运营管理的基础看,人工智能数智供应链更依赖人工智能和机器学习来完成自动化决策过程,从而实现更高的效率、更低的错误率以及更深入的洞察。随着数据量的增加和算法的进步,人工智能在供应链管理中的应用日益广泛。首先,人工智能供应链可以通过自动化决策过程提高效率。在传统供应链管理中,决策过程通常需要人工干预,不仅效率低下,而且容易出错。而通过人工智能和机器学习技术,可以将这些决策过程自动化,从而加快决策速度,提高准确率。例如,使用机器学习算法对历史销售数据进行分析,可以自动确定最佳库存水平,避免库存积压或缺货现象。其次,人工智能供应链可以减少错误。在传统供应链管理中,人为因素是导致错误的主要原因之一。而通过人工智能和机器学习技术,可以减少人为干预,降低错误率。例如,使用自然语言处理技术对订单数据进行自动处理,可以减少人为因素导致的订单错误。最后,人工智能供应链可以提供更深入的洞察。通过人工智能和机器学习技术,可以对大量数据进行实时分析和预测,更好地掌握市场动态和客户需求。例如,使用大数据分析技术对客户购买行为进行分析,可以预测未来销售趋势,更好地规划库存和物流。

第二,从供应链管理方式看,人工智能数智供应链是一种融合人工智能、物联网、大数据等先进技术的综合集成技术和管理系统,旨在实现智能化、网络

化、协同化、集成化和自动化。这种先进的管理方式为企业提供了全新的视角和方法,以应对日益复杂的市场环境和不断变化的客户需求。人工智能数智供应链利用机器学习、深度学习等技术进行数据分析和预测,从而实现智能化决策。通过自动识别模式和趋势,人工智能能够帮助企业快速响应市场变化,提高运营效率,降低风险。借助物联网技术将供应链各节点连接起来,能够形成一个紧密协作的网络。这不仅能够提高信息传输的速度和准确性,还能够使供应链成员实时共享数据和资源,共同应对挑战。人工智能数智供应链还能整合供应链中各环节的数据和流程,形成一个完整的系统。这种集成化管理方式有助于企业全面了解整个供应链的运行状况,发现潜在问题。此外,人工智能数智供应链实现了大量的自动化操作,如订单处理、库存控制、物流调度等,不仅可以减少人工错误,提高工作效率,还可以释放员工的时间和精力,使其专注于更高价值的工作。

第三,从供应链管理的手段看,人工智能数智供应链的核心是人机协作和融合。人们通过人工智能技术可以获取更多数据和信息,从而更好地了解供应链各环节即时状况和变化趋势,同时也可以通过人工智能技术提供的决策支持,做出更准确和科学的决策。人工智能可以通过学习和分析人类的经验与决策,不断优化和改进自身算法和模型,提供更智能和高效的供应链管理。因此,人工智能数智供应

链可以被视为具有自我意识、自我决定、自我优化等特征的自主供应链,不仅可以通过人机协作和融合,实现供应链管理的智能化和自动化,还可以通过不断学习和优化,提高自身的能力和效率。这将为企业提供更高效更可靠的供应链管理解决方案,帮助企业提升竞争力。

第四,从供应链管理的成效看,通过引入人工智能和大数据等先进技术,人工智能数智供应链不仅能够提升效率,降低成本,还能够实时监测和分析供应链各环节,及时发现潜在问题和风险,并提供有效的解决方案。这种能力使供应链在面对突发事件时具有更强的恢复力和适应性,从而提高供应链的韧性。此外,通过优化资源分配、减少浪费和提高能效,人工智能数智供应链有助于企业实现更环保、节能的运营方式。人工智能还可以帮助企业更好地理解 and 满足客户需求,开发出更具竞争力的绿色产品和服务,推动产业向更可持续发展的方向发展。

从上述人工智能数智供应链特征看,它与数字供应链虽然有相同之处,诸如都会应用一些先进数字技术,但两者仍然有很多差异,在技术基础、核心特征、数据应用、自动化程度、预测能力、适应能力、安全性以及成本效益方面具有诸多不同(参见表1)。

三、供需视角下的人工智能数智供应链运营

人工智能数智供应链能否有效实现预期的特性,并带来相应的效益,从而推动供应链向高效、韧性和可持续发展的方向发展,并非仅仅取决于人工智能

表1 人工智能数智供应链与数字供应链之间的差异

比较项目	人工智能数智供应链	数字供应链
技术基础	人工智能、大数据、云计算、物联网等先进技术	互联网、大数据、云计算、物联网等成熟技术
核心特征	利用人工智能技术进行数据分析和预测,实现智能化决策和优化	利用数字技术实现供应链的数字化转型和自动化
数据应用	利用人工智能对大量数据进行深度挖掘和分析,实现供应链的智能决策	利用大数据技术对数据进行存储、处理和分析,实现供应链的优化
自动化程度	高度自动化,通过人工智能技术实现供应链的自动化运行	中度自动化,通过信息技术实现供应链的部分自动化操作
预测能力	强大的预测能力,通过人工智能技术对供应链进行预测和优化	有限的预测能力,通过数据分析技术对供应链进行预测和规划
适应能力	强大的适应能力,能够快速应对市场变化、解决供应链中的问题	有限的适应能力,需要人工干预应对市场变化、解决供应链中的问题
安全性	强大的安全性,通过人工智能技术实现对供应链的实时监控和防范	一定的安全性,通过信息技术实现对供应链的安全管理和保护
成本效益	高度低成本高效益,通过人工智能技术实现供应链降本增效,同时增强供应链韧性和可持续性	中度低成本高效益,通过数字技术实现供应链的成本控制和优化

技术本身的进步^[27]。实际上,深入理解这一变革必须从供给和需求两个角度来全面分析人工智能数智供应链运行的条件和基本前提(参见图2)。

从供给视角看,人工智能数智供应链有效发挥作用的前提是供应链组织完备、流程整合与要素协同。否则,即便人工智能具有很好的技术和应用前景,其与供应链的融合也难以实现,更谈不上高效、韧性、可持续供应链目标的实现。因此,在推动人工智能数智供应链发展过程中,应重视组织完备、流程整合和要素协同的建设,为人工智能技术在供应链管理领域的应用创造良好的条件。从需求视角看,必须关注人工智能数智供应链受益方或客户如何看待其价值。也就是说,人工智能对于供应链的价值不仅取决于供给方的能力和解决方案,还与客户认知的程度和行为因素密切相关。只有客户真正理解和接受人工智能带来的好处,才能更好地推动人工智能数智供应链发展。

从供给视角看,任何供应链的构建和发展都离不开组织、流程和要素,这被称为供应链分析的组织—流程—要素(Structure—Process—Components, SPC)模型^[14]。因此,推进人工智能数智供应链,必须关注组织方式、流程运行以及要素构建方面的挑战。

第一,从供应链组织方式看,推动人工智能数智供应链,必须解决两个方面的挑战。一方面,数字生态、商业生态和环境生态的构建是关键。数字生态涉及多种数字技术和服务的共生,包括物联网、大数据分析、云计算等,这些技术和服务需要相互协调和整合,以实现供应链的数字化和智能化。商业生态涉及多种经济主体的协调和整合,包括供应商、制造商、分销商等,他们需要共同合作,共享信息和资源,共同促进供应链高效运作。环境生态涉及环境、社

会、治理(Environmental, Social, and Governance, ESG)三要素之间的一致和协调,供应链需要考虑环境保护、社会责任和良好治理的要求,以实现可持续发展。另一方面,三类生态之间的平衡和融合也是关键。数字生态、商业生态和环境生态之间存在着相互影响和相互制约的关系,必须平衡各方的利益和需求。例如,数字化和智能化的供应链可能会增加能源消耗与碳排放,这与环境生态的要求相冲突,需要找到平衡点。同时,商业生态和环境生态之间也存在冲突,例如,为降低成本和提高效率,供应链可能选择廉价劳动力和低环保标准的供应商,这与环境和社会责任相冲突,需要找到融合的方式。

第二,从供应链流程运行看,在合作意愿达成、构建合作、维系合作以及发展合作四个阶段,人、机两方面都需要克服一些障碍或挑战。在合作意愿达成阶段,协同企业之间的利益依赖性和冲突性是必须解决的关键问题。供应链组织之间的相互关联和协作是确保人工智能能够根据业务数据进行智能化处理的基础。此外,人工智能系统需要从多个不同的数据源中获取信息,并将这些信息进行同步和整合,以便进行分析和处理。这涉及处理不同格式和结构的数据,必须解决数据不一致和冲突的问题,确保数据的准确性和完整性。在构建合作阶段,企业之间业务流程的关联性和一致性,以及技术基础设施的连接性和规范性,都会对人工智能自主学习产生挑战。前者使不同企业业务和数据整合到统一的人工智能系统变得困难,后者使人机之间的交互和互操作产生障碍。在维系合作阶段,企业运营资源的延伸和复杂性,以及技术系统的增强性和迭代性,也是对人工智能自主适应能力的挑战。同样,在发展合作过程中,如何协调企业价值的多元性以及技术系统的自主执行和洞见都是必须考虑的问题。

第三,从供应链要素构建看,人工智能带来供应链管理要素和能力的改变,算法和技术逐步替代传统的管理手段与方法,这会产生一些新的必须解决的问题。首先是人工智能算法虽然能够更智能、精准地反映供应链运营的状态,但算法特别是供应链中的“算法信任”是否能够完全替代人的因素是值得探索的问题。随着数字技术的发展,一些研究认为

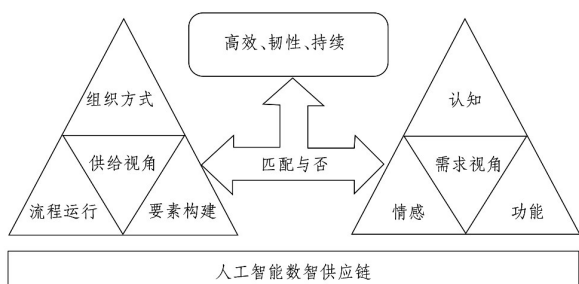


图2 供需视角下的人工智能数智供应链

新技术实现了“算法信任”^[28],完全解决了传统供应链中人际信任带来的挑战,然而这种观点值得商榷。一方面,算法能力不是由单一技术决定的,往往需要各类数字技术结合,诸如人工智能与区块链技术的融合。另一方面,算法可以为参与者带来短暂的信心,但难以完全替代人而成为信任能力建构的主导。这就产生了新的挑战,即机器、算法之间以及算法与人之间如何融合,才能建立全新的管理能力和信任。其次,随着人工智能的不断发展,技术的能力尤其是安全能力成为供应链建构的关键。企业在应用人工智能技术时,必须加强数据的安全保护措施,如加密、权限控制等,以确保敏感信息不被泄露。同时,企业必须对人工智能技术进行安全评估和测试,发现和修复潜在漏洞与安全隐患。此外,企业还应建立完善的安全管理体系,包括培训员工的安全意识、建立安全审计机制等,提高供应链的整体安全性。

从需求视角看,人工智能在供应链中的作用取决于使用者的认知范畴、情感范畴和功能认同范畴。

首先,从认知范畴看,人工智能能否与供应链运营融合受供应链参与者接受程度的影响,即供应链中的经济主体是否认同人工智能对效率的增进或者改进。事实上,不是人工智能算法而是使用者的感受才能产生接受或认同感^[29]。这种认知主要表现为FAT,即公平感(Fairness)、问责感(Accountability)和透明感(Transparency)。公平感是一个较难定义的概念,但一般认为人工智能算法的公平能够使算法决策不会产生偏见、歧视或不公平的结果^[30]。换言之,人工智能算法能够公平地产生结果,不会受人类主观意识或偏见的影响。因此,公平感不仅仅取决于人工智能的精确度(产生精确结果的能力)和准确性(产生正确结果的概率),更取决于人们感知的人工智能所带来的公正性和非主观性。问责感强调的是对人工智能计算结果的负责,即一旦因不当应用而产生差错,必须能够追溯到谁的责任和行为。透明感要求通过算法生成的过程或结果对用户是开放和透明的^[31]。通常情况下,由于信息数据的专有属性和算法的不确定性,用户很难知道具体的算法是什么,结果是如何形成的,这容易使用户对人工智能的作

用和结果产生质疑。因此,透明是人工智能能否被接受的关键要素。

其次,情感范畴是指使用者对人工智能的亲近感和心理距离。人工智能在供应链运行中的作用,不仅受人类认知影响,更受情感因素影响,即人类在心理上接受的程度。这种情感范畴包括人工智能的有形性、任务特性和及时性行为^[32]。有形性是指人工智能呈现的方式对人类情感接受的影响。有学者曾经做过一项人工智能实验,发现人类更容易接受三维机器人给出的建议,而对电脑给出的建议接受程度较低^[33]。这无疑反映了人工智能的有形性对人类情感接受的影响。任务特性是人类从情感上更易接受人工智能对具体任务决策的作用。同样有研究发现,在功能性问题决策方面,人类更相信人工智能算法,而涉及人的决策时,人工智能算法的接受程度较低^[32]。及时性关注的是人工智能与人类之间的交互适应性和及时性,即人工智能能否与人类进行交互式的沟通。ChatGPT这类增强式人工智能具备很好的及时性,能够不断根据人类诉求进行交互式反应。

最后,功能范畴是指人类对人工智能算法功能的期待,即人工智能算法能否达到人类从事供应链运营决策所需的支持程度。在信息管理学中,技术接受模型(Technology Acceptance Model, TAM)强调技术预期的有用性和容易使用,这是用户是否采纳的决定因素^[34]。该模型同样适用于人工智能数智供应链。此外,可靠性也是一个重要的因素,如果人工智能不断出错,人类就会对其丧失信心^[32]。

四、人工智能数智供应链的治理问题

人工智能与供应链的高度融合还会产生另一个问题,即治理问题。供应链治理是指对供应链各个参与方(包括供应商、制造商、分销商、零售商以及物流服务提供商等)的活动、决策和关系进行管理与协调的一种管理模式^[35]。供应链治理的目标是通过有效决策的制定和执行,提高供应链的效率、灵活性、响应速度和客户满意度,同时降低风险和成本,实现所有参与方的共同价值创造和持续成功。

在供应链治理中,传统治理包括契约治理和关系治理两种主流策略。契约治理是一种建立在法律

框架下的正式治理机制。在这种模式下,供应链各参与方通过详细制定并签署契约或合同来明确界定各自的职责、权利和义务^[36]。这些契约不仅是各方合作关系的法律依据,也是争议或纠纷的重要解决工具。契约治理的决策依据是法律体系,执行机制主要依赖第三方保障机制,如法院的司法裁决和仲裁机构的仲裁决议等。契约治理的特点体现在以下几个方面:一是强制性,契约或合同的签订基于法律规范,各方必须遵守约定的条款,否则将面临法律制裁,这种强制性确保了契约的有效执行;二是保障性,通过法院、仲裁等第三方保障机制,契约治理能够为各方提供公平、公正的争议解决环境,保障各方的权益不受侵犯;三是规则性,契约治理强调明确、具体的规则设定,这些规则明确了各方在供应链活动中的行为规范和预期结果,有助于降低不确定性,提高合作效率。相比之下,关系治理更侧重建立和维护供应链参与者之间的长期、互信合作关系,强调通过共享信息、协调决策、共同解决问题、形成专用性资产等方式,促进各方合作与协同,而非单纯依赖法律契约进行约束和控制。与契约治理不同,关系治理的决策依据是社会规范和共同形成的未来期待,执行基础是相互之间形成的信任与共同的约定,一旦出现违背共同利益的行为,就会产生集体制裁^[37]。可以看出,关系治理的特点是非正式性、社会性和网络性。

与上述两类治理不同,随着现代数字技术的广泛应用和发展,特别是人工智能与产业运营的不断融合,算法治理被认为是一种新的治理模式^[38]。算法治理是指使用算法、人工智能和大数据等技术手段实现决策制定、规则执行和系统管理的一种治理模式^[39]。在算法治理中,复杂的计算程序 and 数据分析被用于处理各种社会、经济和政治问题,以提高效率、减少偏见和增强透明度。算法治理的决策依据是数据驱动和算法分析,是算法模型对大量数据进行处理和解读的结果。其执行机制是通过自动化流程和机器学习系统实时监控、调整和执行决策,其中还可能结合人工监督和干预。

然而,供应链运营中是否单独存在算法治理是值得商榷的。这是因为供应链运营往往涉及不同经

济主体之间的沟通、协同与联合行为,或者说涉及复杂的人际关系或任务关系。尽管人工智能能够提升供应链决策效率,并使供应链运行更智能化,但人作为供应链运营管理的主体,同样发挥着重要作用。行动者网络理论(Actor-Network Theory, ANT)提供了一种独特视角来分析社会现象和科学技术实践,强调行动者之间的相互关系和网络建构过程的重要性,以及非人类元素在社会构造中的作用。该理论认为,人和技术作为行动者发挥着同等的影响力,行动者之间的关系是动态的、不断变化的,是在不断协商和转译过程中形成的^[40]。

因此,人工智能数智供应链的治理机制是结合了契约治理、关系治理、算法治理的混合治理机制。这种混合治理机制的决策依据既有法律和社会规范,也有算力和数字技术的综合作用,而执行机制则是上述各类执行机制的融合与平衡。

人工智能数智供应链混合治理机制的运行往往由任务的复杂性以及主体多元性决定(参见图3)。在图3范式I中,供应链涉及的主体相对单一,或者说供应链运营和决策主要针对特定企业而展开,任务的复杂性较低。在这种场景下,主导的治理模式是契约治理,因为契约治理相对直接、明确,责任义务容易界定,关系治理和算法治理只起辅助作用。在范式II中,虽然任务的性质相对简单,但供应链参与者众多,性质各异,往往会涉及各类参与者之间的沟通、协调。因此,除契约治理模式外,关系治理也是决定供应链运营效率的关键,算法治理只发挥辅助作用。这是因为在任务相对简单、工作内容容易鉴

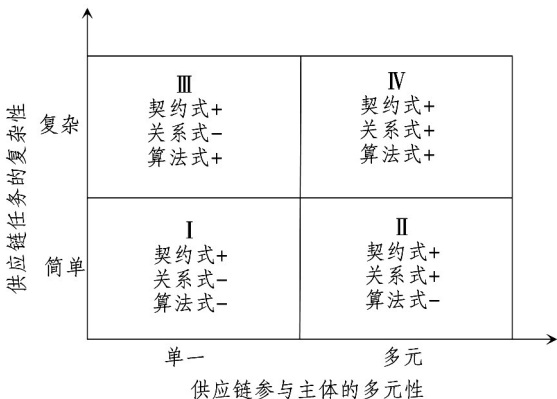


图3 人工智能数智供应链混合治理机制
注:“+”表示主导性因素,“-”表示辅助性因素。

别和衡量的情况下,数字技术和人工智能的作用相对较弱。在范式Ⅲ中,尽管供应链涉及主体较少,但工作任务复杂性增强,单纯依靠契约治理较难应对复杂问题产生的问题洞察判定和决策实时精准的挑战,人工智能算法的作用将得以极大发挥。在范式Ⅳ中,供应链呈现出典型的复杂适应体系,一方面参与者众多且多元,另一方面任务的复杂性较高,算法治理的作用非常重要,因为它既能够帮助参与者精准洞察供应链运营规律,实时优化决策,又能够根据情境和关系动态调整合作策略,具有很强的灵活性和资源配置性。但必须看到,在这一范式中,契约治理和关系治理的作用也不可忽视,它们与算法治理相互补充,共同构成有效的治理体系。首先,契约治理在复杂适应体系中提供了必要的法律框架和规则基础。尽管算法能够处理大量的数据并提供决策建议,但最终的决策和行动仍必须在法律与契约的约束下进行。明确的契约条款可以设定各方的权利和义务,为解决争议和纠纷提供依据,同时能为算法的运行设定边界和准则,防止可能出现的滥用和误用。其次,关系治理在多元和复杂的参与者网络中扮演着关键角色。在供应链中,信任、沟通和协作对维持系统的稳定性与效率至关重要。关系治理不仅能够建立和维护长期、互信的合作关系,促进信息共享、协调决策和共同解决问题的过程,而且有助于减轻算法可能带来的冷酷和机械感,保持人性化的互动和关怀。此外,契约治理和关系治理还能够弥补算法治理的一些局限性。例如,算法可能无法完全捕捉所有的情境因素和人际关系动态,而这些因素在实际运营中具有重要的影响。总的来说,在范式Ⅳ的供应链中,算法治理、契约治理和关系治理三者相辅相成,共同构建一个既能应对复杂性和不确定性,又能确保公平、透明和可持续性的治理体系。

参考文献:

[1]WEERABAHU W M S K, P SAMARANAYAKE, NAKANDALA D, et al. Digital supply chain research trends: a systematic review and a maturity model for adoption[J]. Benchmarking: an international journal, 2023(9): 3040-3066.

[2]潘小燕.数字供应链:智能技术与动态能力的绿色协同效应——基于200家制造业企业的实证研究[J].供应链管理, 2023(11):87-96.

[3]SCHUTZER D. Business expert systems: the competitive edge[J]. Expert systems with applications, 1990(1): 17-21.

[4]VERMA S, SHARMA R, DEB S, et al. Artificial intelligence in marketing: systematic review and future research directions[J]. International journal of information management data insights, 2021(1): 100002.

[5]TRUNK A, BIRKEL H, HARTMANN E. On the current state of combining human and artificial intelligence for strategic organizational decision making[J]. Business research, 2020(3): 875-919.

[6]BUSSMANN N, GIUDICI P, MARINELLI D, et al. Explainable machine learning in credit risk management[J]. Computational economics, 2021(1): 203-216.

[7]TOORAJIPOUR R, SOHRABPOUR V, NAZARPOUR A, et al. Artificial intelligence in supply chain management: a systematic literature review[J]. Journal of business research, 2021, 122: 502-517.

[8]GANESH A D, KALPANA P. Future of artificial intelligence and its influence on supply chain risk management—a systematic review[J]. Computers & industrial engineering, 2022, 169: 108206.

[9]BUYUKOZKAN G, GOCER F. Digital supply chain: literature review and a proposed framework for future research[J]. Computers in industry, 2018, 97: 157-177.

[10]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.

[11]COOPER M C, LAMBERT D M, PAGH J D. Supply chain management: more than a new name for logistics[J]. The international journal of logistics management, 1997(1): 1-14.

[12]OLIVER R K, WEBBER M D. Supply-chain management: logistics catches up with strategy[J]. Outlook, 1982(1): 42-47.

[13]克里斯托弗.物流与供应链管理[M].北京:电子工业出版社,2019:3.

[14]LAMBERT D M, COOPER M C. Issues in supply chain management[J]. Industrial marketing management, 2000(1): 65-83.

[15]OLIVEIRA-DIAS D, MOYANO-FUENTES J, MAQUEIRA-MARÍN J M. Understanding the relationships between information technology and lean and agile supply chain strategies: a

systematic literature review[J]. *Annals of operations research*, 2022(2): 973–1005.

[16] FISHER M L. What is the right supply chain for your product?[J]. *Harvard business review*, 1997, 97: 105–117.

[17] HEARNshaw E J S, WILSON M M J. A complex network approach to supply chain network theory[J]. *International journal of operations & production management*, 2013(4): 442–469.

[18] CARTER C R, ROGERS D S, CHOI T Y. Toward the theory of the supply chain[J]. *The journal of supply chain management*, 2015(2): 89–97.

[19] NAYLOR J B, NAIM M M, BERRY D. Leagility: integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain[J]. *International journal of production economics*, 1999(1): 107–118.

[20] 石大千, 李雪琴, 李丹丹. 智慧供应链建设如何提升企业绩效? ——基于供应链韧性优化视角的分析[J/OL]. *中国管理科学*[2023-12-01]. https://kns.cnki.net/kems2/article/abstract?v=IWc4gvQ5J14KPGfQSEUuo7ppBBXTDaNweUEWIFEMqRhzaFqCwaLNSIt70XS4ksACs66gVQwlcLbxjmrGkRq0FPegkGRWozxjBUS8b6lwivyD3PP4NwAdWAftB0Vpn093_fiV5Rlook=&unipIatform=NZKPT&language=CHS.

[21] XU X, LU Y, VOGEL-HEUSER B, et al. Industry 4.0 and Industry 5.0—inception, conception and perception[J]. *Journal of manufacturing systems*, 2021, 61: 530–535.

[22] LENG J, SHA W, WANG B, et al. Industry 5.0: prospect and retrospect[J]. *Journal of manufacturing systems*, 2022, 65: 279–295.

[23] BARYANNIS G, DANI S, ANTONIOU G. Predicting supply chain risks using machine learning: the trade-off between performance and interpretability[J]. *Future generation computer systems*, 2019, 101: 993–1004.

[24] CHOI T, WALLACE S W, WANG Y. Big data analytics in operations management[J]. *Production and operations management*, 2018(10): 1868–1883.

[25] SHARMA R, SHISHODIA A, GUNASEKARAN A, et al. The role of artificial intelligence in supply chain management: mapping the territory[J]. *International journal of production research*, 2022(24): 7527–7550.

[26] HELO P, HAO Y. Artificial intelligence in operations

management and supply chain management: an exploratory case study[J]. *Production planning & control*, 2022(16): 1573–1590.

[27] JÖHNK J, WEIBERT M, WYRTKI K. Ready or not, AI comes—an interview study of organizational AI readiness factors[J]. *Business & information systems engineering*, 2021(1): 5–20.

[28] CHAWLA C. Trust in blockchains: algorithmic and organizational[J]. *Journal of business venturing insights*, 2020, 14: 1–8.

[29] SHIN D, ZHONG B, BIOCCA F A. Beyond user experience: what constitutes algorithmic experiences?[J]. *International journal of information management*, 2020, 52: 10206111.

[30] DIAKOPOULOS N. Accountability in algorithmic decision making[J]. *Queue*, 2016(2): 56–62.

[31] SHIN D, PARK Y J. Role of fairness, accountability, and transparency in algorithmic affordance[J]. *Computers in human behavior*, 2019(9): 277–284.

[32] GLIKSON E, WOOLLEY A W. Human trust in artificial intelligence: review of empirical research[J]. *The academy of management annals*, 2020(2): 627–660.

[33] SHINOZAWA K, NAYA F, YAMATO J, et al. Differences in effect of robot and screen agent recommendations on human decision-making[J]. *International journal of human-computer studies*, 2005(2): 267–279.

[34] DAVIS F D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology[J]. *MIS quarterly*, 1989(3): 319–340.

[35] 华连连, 张诗苑, 王建国, 等. 供应链治理: 理论基础、研究综述及展望[J]. *供应链管理*, 2021(8): 5–19.

[36] 宋华, 刘林艳. 服务外包的影响因素、组织方式与治理机制探究: 一个理论框架[J]. *预测*, 2012(4): 1–8.

[37] DAS T K, TENG B. Alliance constellations: a social exchange perspective[J]. *The academy of management review*, 2002(3): 445–456.

[38] DANAHER J, HOGAN M J, NOONE C, et al. Algorithmic governance: developing a research agenda through the power of collective intelligence[J]. *Big data & society*, 2017(2): 1–14.

[39] ISSAR S, ANEESH A. What is algorithmic governance?[J]. *Sociology compass*, 2022(1): 1–14.

[40] HALD K S, SPRING M. Actor-network theory: a novel approach to supply chain management theory development[J]. *The journal of supply chain management*, 2023(2): 87–105.