

数智赋能服务型制造模式创新机理研究

刘春旺¹, 罗建强^{1,2}

(1. 江苏大学 管理学院, 江苏 镇江 212013;

2. 江苏大学 中国农业装备产业发展研究院, 江苏 镇江 212013)

摘要: 鉴于服务化与数智化关系难理, 以及数智赋能服务型制造模式创新过程复杂的问题, 本文为系统揭示数智化赋能服务型制造模式创新的内在机理, 构建了数智赋能服务型制造模式创新的系统动力学模型, 刻画了数智赋能服务型制造模式创新动态过程, 结合仿真分析发现: ①数智赋能服务型制造模式创新呈现出“数据驱动-知识沉淀-服务创新-价值创造”链式传导特征; ②数智技术通过重构企业动态能力体系及打破物理边界的资源适配逻辑, 驱动了服务型制造模式创新发展; ③数智赋能破解了服务型制造模式创新面临的服务提供成本递增与价值感知递减的双向挤压困境, 极大支持了服务型制造模式创新。研究结论从动态反馈层面揭示了服务化与数智化深度融合的内在逻辑, 有助于增强对制造业服务化与数智化关系的系统性理解。

关键词: 数智赋能; 服务型制造; 模式创新; 系统动力学

中图分类号: F273.1

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1003-8256.2026.04.001

在全球制造业服务化与数智化转型的浪潮中, 服务型制造已成为推动制造业向价值链高端攀升、培育新质生产力的核心战略方向。为系统推进其发展, 工业和信息化部等七部门联合印发了《深入推动服务型制造创新发展实施方案(2025—2028年)》, 明确提出了打造“服务型制造升级版”的战略目标, 旨在实现服务型制造典型模式的广泛普及与新模式的不断涌现。这一新型产业形态的核心在于将服务深度融入制造业产品的全生命周期, 通过“制造+服务”的深度融合来延伸产业链、重塑价值链, 其竞争已从单一产品转向整个价值链和生态系统。

然而, 当前制造企业向服务型制造转型、进行模式创新的过程中, 正面临系统性挑战。尽管政策大力推动且部分企业已开展实践, 但许多企业仍固守产品主导逻辑, 仅进行市场响应型的渐进式服务添加。这导致随着服务业务扩张, 出现服务提供成本攀升与客户价值感知递减的双向挤压困境。同时, 企业普遍未能构建起“基于产品的服务创新”与“面向制造的服务提供”之间的有效闭环, 难以适应日益网络化、场景化和个性化的市场需求。深层次矛盾在于企业对“技术-价值”关系的理解存在偏差: 若盲目堆砌大数据、人工智能等数智技术而缺乏系统性认知, 会导致技术成本增加与模式陈旧; 若组织架构与流程不予变革, 则会引发数据孤岛、资源割裂, 使数智赋能失效。

因此, 一个关键而紧迫的学术与实践问题是: 制造企业如何系统性地利用数智赋能突破当前模式创新瓶颈, 实现服务型制造模式的根本性创新? 数智赋能集数字技术与智能应用于一体, 以其高创新性与强渗透性, 正模糊制造组织边界, 动态配置服务资源, 为模式创新提供了全新机遇。但现有研究多聚焦于数智化对制造业服务化转型绩效的宏观或静态影响, 对于数智技术究竟如何具体驱动服务型制造模式创新的内在机理仍缺乏清晰、动态的系统性揭示。

为破解上述理论与现实困境, 本文旨在系统揭示数智赋能服务型制造模式创新的动态机理, 具有如下理论创新: 第一, 通过构建数智赋能服务型制造模式创新系统动力学模型, 突破了传统制造业服务化研究中“技术-绩效”二元分析框架, 将数智赋能从工具性支撑提升为系统性重构力量; 第二, 通过数智技术重构资源利用逻辑与重塑能力体系, 形成“资源驱动能力进化-能力优化资源利用”的双向增强机制, 弥补了资源基础观与动态能力理论在数智化情境下的解释裂隙; 第三, 通过“链式传导-反馈增强”的系统动力学分析框架, 突破了传统静态分析的局限, 动态刻画数智赋能服务型制造模式创新过程。

1 文献综述

1.1 服务型制造模式创新

支持服务型制造产生的理论之一是由 Vandermerwe

基金项目: 国家社会科学基金项目(23BGL004)

作者简介: 刘春旺(1999—), 男, 河北承德人, 硕士研究生, 研究方向: 服务型制造; (通信作者) 罗建强(1973—), 男, 陕西扶风人, 工学博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 服务型制造, 数据驱动的服务创新。E-mail: 19599965776@163.com

和Rada提出的制造业服务化(Servitization)。其是指制造企业由单一提供实物产品向“产品-服务包”的转变,且服务逐渐占据企业运营的主导地位,即通过在产品全生命周期融入服务,企业实现以产品为中心向以服务为中心的动态转变^[1],以此塑造规避产品同质的差异化竞争优势^[2]。在制造企业从有形产品制造扩大到无形服务提供的动态演变过程中涉及战略更新、技术升级、组织重构、营销变革等多方面^[3],实现从“以产品为中心”到“以客户为中心”的转变^[4],本质上是服务型制造模式创新。

服务型制造模式作为一种新的价值增值范式^[5],其核心是企业以实物产品为载体不断扩大服务规模,参与主体在实时交互中实现资源整合与服务交换^[6],且通过开发新服务,实现产品技术迭代与制造模式升级^[7]。然而在服务型制造企业的实践过程中受产品技术、制造特点、市场需求、企业资金、客户服务价值感知等因素的影响^[8],企业实践面临着“服务化悖论”的挑战^[9],即高额服务投入未必能带来预期利润,具体表现为产品服务分离、资源整合效率低、服务的低壁垒性突出、服务成本高等,导致产品同质情形下服务提供方式趋同^[10-11],以产品服务集成的服务型制造模式亟须不断创新。

创新产生于新技术、新知识等资源的支持或冲突的解决,这使得供需交互与反馈机制设计显得尤为重要。尤其服务型制造模式创新受到技术推动与需求拉动的双重影响,制造企业需要在审视外部市场环境的同时,重构价值创造逻辑^[12],关注基于产品的服务技术属性,提升对市场变化的感知率,建构相应的动态能力来激发模式创新^[13],最终为客户提供既满足其个性化需求,又能获取高附加值的产品服务集成体^[14]。为激发制造企业服务型制造模式创新动力,已有学者构建系统动力学模型,探究了服务型制造模式增值的内在机理,识别了促进模式价值增值的关键动因,认为模式增值呈现“创新>服务>制造”的价值边际效应逻辑^[15]。但数据作为支持服务型制造模式创新的重要源之一,其如何被获取、整合转化为有效的创新洞察,现有研究尚未在“技术-需求”双驱动及动态交互的框架下充分阐明。

1.2 数智赋能服务化

数智赋能是数字与智能技术融合,重塑组织业务流程、认知与价值创造方式的综合过程。其内涵可从能力视角解读为连接、智能、分析三种核心能力^[16],包含基础设施云化、触点数字化、业务在线化、运营数据化和决策智能化等重要部分,分为结构赋能、心理赋能和资源赋能三种赋能方式^[17]。目前,对数智赋能界定较为分散,储节旺等^[18]将其定义为借助数智技术,以数据和知识为重要的生产要素,以促进组织系统实现价值共创;梁玲玲等^[19]认为数智赋能是指以新一代信息技术为手段,实现企业技术升级、服务更新、管理革新,从而实现竞争优势的塑造。尽管界定有所差异,但均突出了借助

数据与智能的深度融合,重塑企业认知边界、决策逻辑和行动能力,使其突破传统资源和能力约束,实现价值创造范式的跃迁本质。

数智赋能下制造企业将专业化知识经验沉淀、碎片化的资源整合,多主体协同促进^[20],向产品全生命周期渗透,不断改造企业的业务流程并提高运营效率^[21],塑造了以数字为基础的商业模式。如数字孪生技术实现了“虚实融通”,能够在虚拟场景下优化物理场景的产品研制^[22];大数据分析通过海量数据清洗,产生支持效率与质量提升的数据^[23];人机协同和深度学习提升了企业的创新效率;交互式可视化技术增强了系统的韧性与柔性;云计算、虚拟现实等通过多主体实时动态的交互,创造更符合市场需求的产品^[24]。综上,数智技术在制造领域的应用,提高了方案提供精准性与效率,促进了参与主体间展开更为广泛和紧密的研发合作,扩大了企业知识获取的途径和范围,推动了服务型制造模式创新^[25]。

既有研究表明,数智化能够推动制造企业服务化^[26],直接赋能于制造企业的产品和服务创新业务,推动企业客户管理和定制化产品生产,对企业的绩效产生正向影响^[27]。其本质是数智赋能企业收集、分析和处理数据并将其转化为增值服务,增强了企业服务化转型的多样性和对市场需求的快速反应力^[28]。尤其数智化为企业服务型制造创新活动展开提供了数据支持、技术条件与实现手段,避免制造企业进行盲目决策。国际研究进一步揭示了数智赋能的具体路径,如Coreynen等^[29]指出,制造企业可通过流程数字化、产品数字化和客户界面数字化三条路径推进服务化,每种路径都需要不同的动态资源配置。然而,数智赋能也伴生数字化悖论,即数字服务收入增长可能被激增的成本侵蚀^[30]。因此,赋能的关键不仅在于技术应用,更在于构建与之匹配的新型组织流程与商业模式。

综上,现有对数智化和服务化的研究主要聚焦两个方面:一是从数智化应用的视角展开研究,探究了数智化对服务化的影响^[31];二是从服务化进阶的角度展开研究,指明了服务化需要数智化的支持^[32]。已有研究认为服务化与数智化相互支撑、密不可分,但从制造企业创新与投入行为的视角,仍未能清晰揭示数智赋能服务型制造模式创新的机理。为此,本文利用系统动力学研究方法既能突破传统静态分析对动态复杂创新过程解释的局限性,又能量化服务型制造模式创新过程中因素的相关关系,更能显示创新过程中的多路径反馈效应与时滞特征,识别数智如何赋能服务型制造模式创新。

2 数智赋能服务型制造模式创新理论框架分析

服务型制造模式创新具有系统性、动态性与演进性特征。该创新过程具有“发现新市场-产生新知识-开

发新服务-实现新价值”的循环性,其本质是制造企业通过动态迭代的市场洞察到价值捕获闭环、实现持续适应性模式创新和价值创造,经过了机会识别-交互开发-支持运维-价值实现的关键环节,如图1所示。

服务型制造模式创新首先源于制造企业对市场环境变化的深刻感知与战略调整,市场需求升级、竞争加剧、技术迭代等引起了企业战略反思并驱动企业服务化(如图1)。其次,针对市场新需求、新机遇,交互开发成为潜在需求转化为具体创新方案的核心枢纽,其核心是通过供需交互与联动,设计创造客户价值的集成解决方案。再次,支持运维阶段是模式创新的关键实现环节,即将集成解决方案系统性地显化为可规模化运营的服务实体,完成从知识储备到服务化的产出。最后,将不同类型的短期服务重组,实现规模扩张,并将短期收益沉淀为长期、多维度的综合价值,形成模式创新的闭环。

然而,面对日益“个性化、服务化、场景化”的市场需求,单纯依赖传统战略调整和组织流程优化的服务型制造模式创新,在需求响应速度、方案精准适配和规模效益实现等方面渐显乏力。这亟须寻找一种更深层次的转型动力。数智技术的深度应用与服务化逻辑的有机融合正成为这一转型的核心驱动力^[29],数智化不仅是对服务环节的数智化改造,更是通过数据流与知识流的重塑,从根本上优化服务型制造模式创新的底层逻辑与运行效率,赋能其全过程升级。

在机会识别环节,数据驱动构成了模式创新的底层引擎,表现为:智能产品、万物互联以及无处不在的用户触点,实现了产品全生命周期内用户使用行为多源异构数据的实时采集与汇聚;云计算与区块链等技术打破了传统的信息壁垒,实现了跨部门、跨企业的数据融合^[33]。数智技术的应用能够帮助企业提前布局,开发引领市场需求的新模式。

在交互开发环节,数智赋能服务型制造模式创新过程所凝练的高度结构化知识持续沉淀,成为核心驱动力,且发生着由被动采集到主动共创、从显性表层到隐性深度的跃迁,极大拓展了企业知识获取的广度,有效提升了企业知识萃取的深度与效率。

在支持运维环节,数智赋能的核心价值在于支持服务创新的实现。制造企业通过数智技术将处于虚拟世界的解决方案转化为透明化、可度量、可调优的运营任务,不仅破解了模式创新实现过程黑箱,更构建了可持续优化的数智基座,实现了模式从供需交互构念到规模

化运营的转化。尤其是数智技术嵌入企业内部的智能中枢,支持了企业对服务流程的优化与智能决策,强化了企业支持新服务开发与产品技术升级的能力,提升了新模式全流程的风险管控能力。

在价值实现环节,模式创新的最终价值体现为供需价值共创。数智赋能的作用从“支撑工具”升级为“价值放大器”。由于服务的无形性及其价值实现的滞后性,容易产生客户低估服务价值的现象。而在数智赋能下制造企业能够精准捕获客户对服务感知动态,优化柔性服务提供方式,增强客户对服务的价值感知力^[18]。在服务提供与价值创造同频过程中产生了新数据,由此支持了新数据驱动的新模式与新价值涌现。

综上,数智赋能显著拓宽了企业获取数据、知识等战略资源的渠道,系统性提升了企业核心能力,这不仅拓宽了服务型制造模式创新的可行边界及价值创造空间,更形成了“数据驱动-知识沉淀-服务创新-价值创造”的链式传导逻辑与闭环自强化机制,基于此,本文提出数智赋能服务型制造模式创新的系统性研究框架(如图2)。

3 系统动力学模型构建

系统动力学方法作为一种通过刻画系统结构、反馈机制与动态行为来解析复杂系统演化规律的研究方法,其核心优势在于处理多回路非线性反馈,并通过因果回路图与流量存量图揭示变量间的非线性交互。数智赋能服务型制造模式创新过程涉及多类型数智技术应用、多主体参与、多活动展开,多维交互构成了多回路、非线性的动态交互关系,符合系统动力学模型构建解决问题的基本要求。此外,由于数智赋能模式创新过程存在企业能力、服务感知、价值创造等难以量化的变量,而系统动力学以反馈回路为主,系统对大多数的单体参数表现敏感性不强,能够弥补因变量数据难以量化而产生的仿真结果信度问题,即只要参数误差在系统模型的接受范围内,仿真得到的系统结构以及行为特征仍然可以模拟出与现实基本一致的情况^[34]。为此,本文选择系统动力学方法构建动态仿真模型,通过模拟机会识别-交互开发-支持运维-价值实现环节的反馈路径,依据“链式传导-反馈增强”的分析框架,精准刻画数智赋能服务型制造模式创新的实现机理,为制造企业从“试错创新”转向“精准创新”提供动态决策支持。

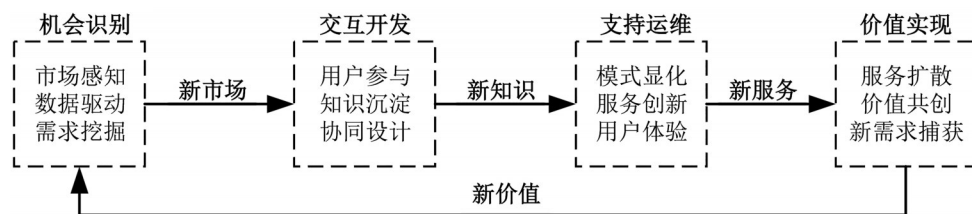


图1 服务型制造模式创新过程

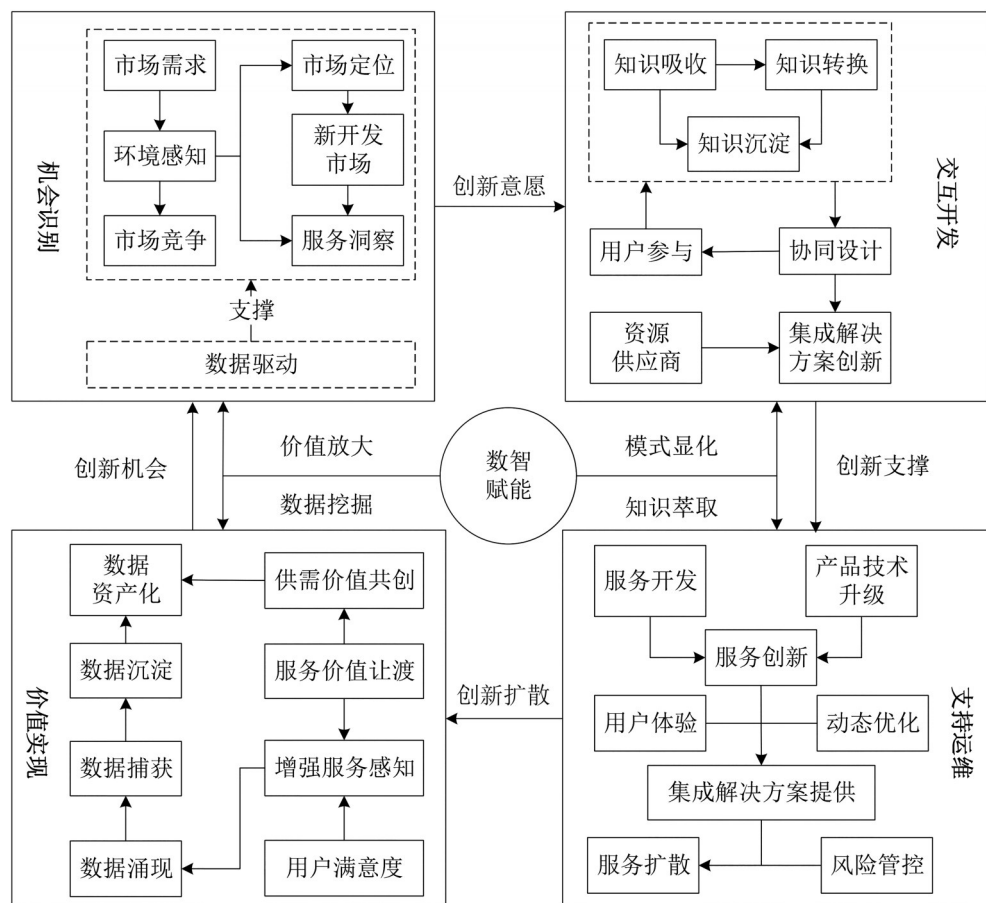


图2 数智赋能服务型制造模式创新基本框架

3.1 数智赋能服务型制造模式创新系统构成及模型假设

基于上述分析,围绕数智赋能服务型制造模式创新过程所需的数据和知识获取过程,以机会识别、交互开发、支持运维和价值实现四个关键环节为关注点,本系统由机会识别、交互开发、支持运维、价值实现四个子系统构成,涉及数智化水平、数据资源、知识存量、服务创新、价值创造、用户参与、用户满意度、市场感知能力、知识吸收能力、模式显化能力、增强服务感知能力等的核心变量,构建数智赋能服务型制造模式创新系统动力学模型,并提出如下假设:

(1)不考虑政策、制度大环境等的重大变革及非正常情况下产生的系统崩溃。本研究旨在探究企业内部“数智赋能-资源-能力-创新”这一内生系统的动态演化规律,排除宏观环境干扰有助于剥离外部剧烈波动干扰。

(2)模型中数据资源来源于市场数据与用户数据两方面。企业知识的获取来源于自身知识创新产出与外部知识吸收,可分别抽象为数据的转化与用户隐性知识的吸收。在数智化情境下,企业数据资产的核心外部源头即为市场环境 with 用户终端,同时知识管理理论将组织知识创造区分为内部转化与外部吸收两类机制。

(3)为探究数智赋能作用变化趋势,而数智赋能不

宜量化,则考虑在模型中用数智化水平代替数智赋能。数智化水平作为一个状态变量,综合反映了企业在数字基础设施、技术应用深度、数据集成度等方面的累积投入与现状,是赋能的技术基础,因此将其作为“数智赋能”的操作化表征。

(4)用价值创造表征模式创新,价值创造的主要来源是服务。价值创造是模式创新成功与否的最终体现和核心衡量标尺。将模式创新的复杂过程收敛到价值创造上能够聚焦创新活动的最终目的,并使模型可以通过价值流的动态变化来反推和验证模式创新的演进路径与效能。

3.2 因果关系分析

依据服务型制造模式创新过程的四个关键环节及其特征分析,需要勾勒数智赋能在关键环节的表现及其与关键变量之间的关系,从而为数智赋能服务型制造模式创新因果关系梳理提供基础。

3.2.1 机会识别环节

该环节的核心要素是数据资源,制造企业在市场环境压力与数智赋能双重作用下,通过对市场数据(受市场占有率和市场感知能力驱动)与用户数据(受用户参与和用户基数影响)来源渠道的扩展,共同丰富数据资源池,主要表现在通过提升需求挖掘深度、激发更为广泛的用户参与来识别高价值的服务机会。数智化水

平的提升显著增强了市场感知能力和用户数据采集效率,是丰富数据资源的关键要素。该子系统存在着“数据资源-需求挖掘-机会发现-数智化投资-数智化水平-能力提升”的明显增强路径,其因果关系如图3所示。

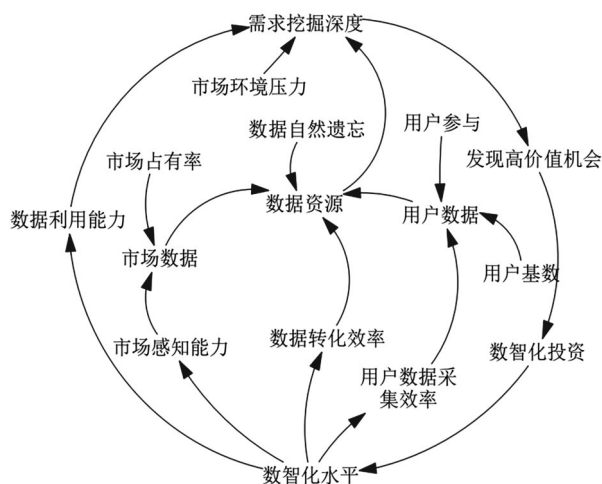


图3 机会识别环节因果关系

3.2.2 交互开发环节

该环节是制造企业在数智赋能下实现支持模式创新的数据向知识跃迁。制造企业的数智化水平提升与用户参与度的增强,外在数据转化为内在知识的效率及知识吸收能力显著增强。另外,由于企业的知识存量直接影响着模式创新的成效。子系统中存在着“知识存量-协同设计-创新性方案-用户参与-隐性知识吸收-知识存量”的知识增强回路,其因果关系如图4所示。

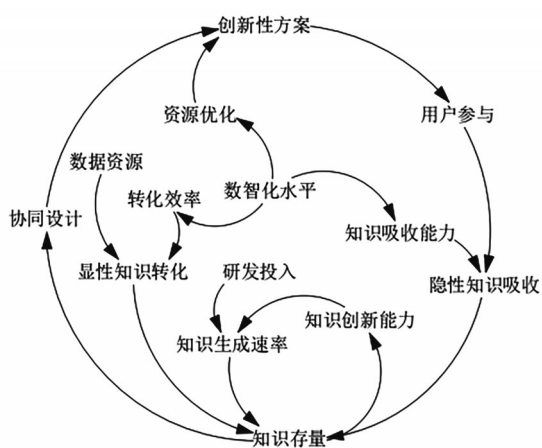


图4 交互开发环节因果关系

3.2.3 支持运维环节

该环节是制造企业在数智赋能下实现模式创新由虚拟到现实的转换过程。其中,企业知识不仅增强了基于产品的服务广度与深度,而且促进了承载新服务提供的产品技术升级。数智赋能显著增强了新模式中不同

类型服务的用户感知力,实现了不同类型的服务集成后新模式市场规模的扩张,提升了用户的满意度与忠诚度。子系统中存在两个重要的反馈回路:“知识存量-服务开发/产品技术升级-服务创新-用户满意度-用户参与-知识存量”和“服务创新能力-模式显化-服务创新-知识存量-服务创新能力”两条正向增强回路,其因果关系如图5所示。

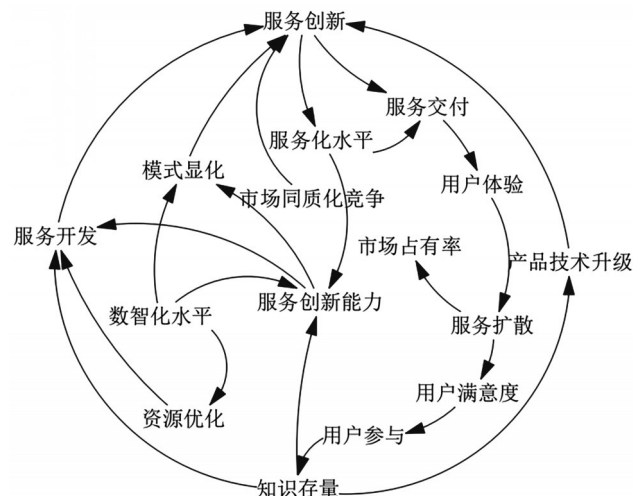


图5 支持运维环节因果关系

3.2.4 价值实现环节

数智赋能下制造企业服务型制造模式创新的最终体现为价值创造,且价值主要来源于服务。用户满意度的提升能够增强用户对增值服务的感知,增进供需间交易与交易关系的稳健性,最终表现为供需价值共创。同时,供需交互过程中新数据不断涌现,有助于制造企业基于新数据识别市场新机会,为模式创新注入持续动力源,体现“服务创新-价值创造-数据涌现-数据驱动”的递进逻辑(如图6)。

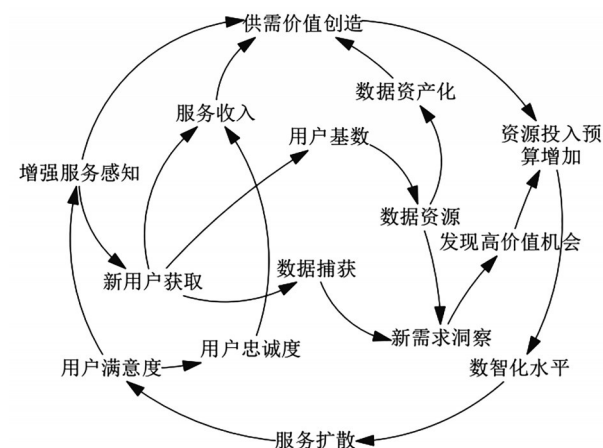


图6 价值实现环节因果关系

依据服务型制造模式创新四个环节的动态交互特征,本文构建了以“新机会-新知识-新服务-新价值”为主线的因果关系网络,该网络通过“数据驱动-知识沉淀-服务创新-价值创造”纵向传导驱动服务型制造模

式创新,以数智化水平为核心杠杆,通过影响系统参数影响模式创新:提升市场感知能力,缩短数据采集时滞,增强知识吸收能力,加速隐性知识转化,强化模式显化能力,压缩服务开发周期,增强服务感知,提升反馈质量。利用数智化水平代替数智赋能作用,观察数据资源、知识存量、服务创新水平和价值创造变化趋势,解析数智化水平对数据获取、新知识吸收与转化、新服务开发、新价值增值的影响过程,以此得到数智赋能服务型制造模式创新的因果关系(如图7)。

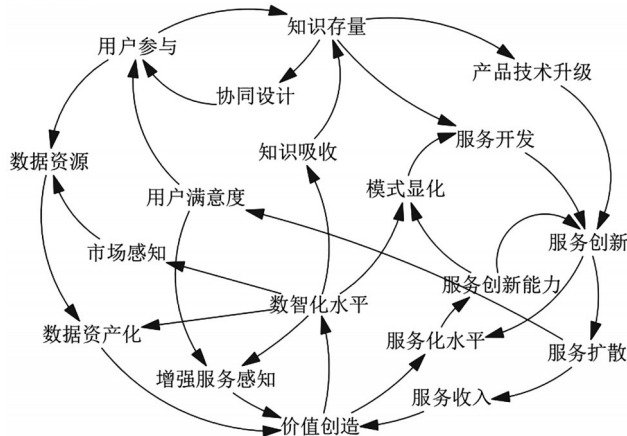


图7 数智赋能服务型制造模式创新系统因果关系

3.3 存量流量图与主要方程设定

以因果关系回路图为基础,绘制了数智赋能服务型制造模式创新系统流量存量图(如图8)。

图8包括了4个存量变量(数据资源、知识存量、服务创新、价值创造)和7个速率变量以及26个辅助变量。主要方程设定如下:

L1 数据资源=INTEG(数据资源增长-数据资源减少,50)

L2 知识存量=INTEG(知识增长率,60)

L3 服务创新=INTEG(服务创新提升-服务创新衰

退,40)

L4 价值创造=INTEG(价值增加-价值减少,0)

L5 数智化水平=INTEG(水平提升,40)

A1 市场感知能力=30+55×(1-EXP(-0.08×(数智化水平-40)⁰.9))

A2 市场占有率=15+30×(1-EXP(-0.1×服务扩散))×(1-EXP(-0.06×数智化水平))×0.9

A3 市场数据=50×(市场感知能力/40)⁰.8×(市场占有率/30)⁰.7

A4 用户数据=0.03×用户基数×用户参与

A5 用户参与=15+(85-15)/(1+EXP(-0.0008×(用户满意度-60)))

A6 用户知识=0.03×知识吸收能力×用户参与/100

A7 数据知识=0.05×数据资源×知识转化效率

A8 知识吸收能力=25+0.7×数智化水平×(1-EXP(-0.015×数智化水平))

A9 资源优化=30+(75-30)×(1-EXP(-0.08×知识存量))×(1-EXP(-0.06×数智化水平))×Time/60

A10 产品技术升级=0.02×知识存量×研发投入

A11 服务开发能力=知识存量×(1+0.003×数智化水平)×(1+0.002×服务化水平)

A12 服务扩散=0.015×产品技术升级×服务创新

A13 用户满意度=0.8×服务扩散×服务质量

A14 增强服务感知=MIN(100,用户满意度×(1+0.005×数智化水平))

A15 服务价值让渡=0.15×用户满意度×(1+0.3×EXP(-0.02×MAX(0,(用户满意度-70))))

A16 基础服务化水平=DELAY FIXED(服务化投入,9,4)

A17 模式显化=(1+0.25×LN(数智化水平/50))×0.15×(1+0.12×(TIME-12))

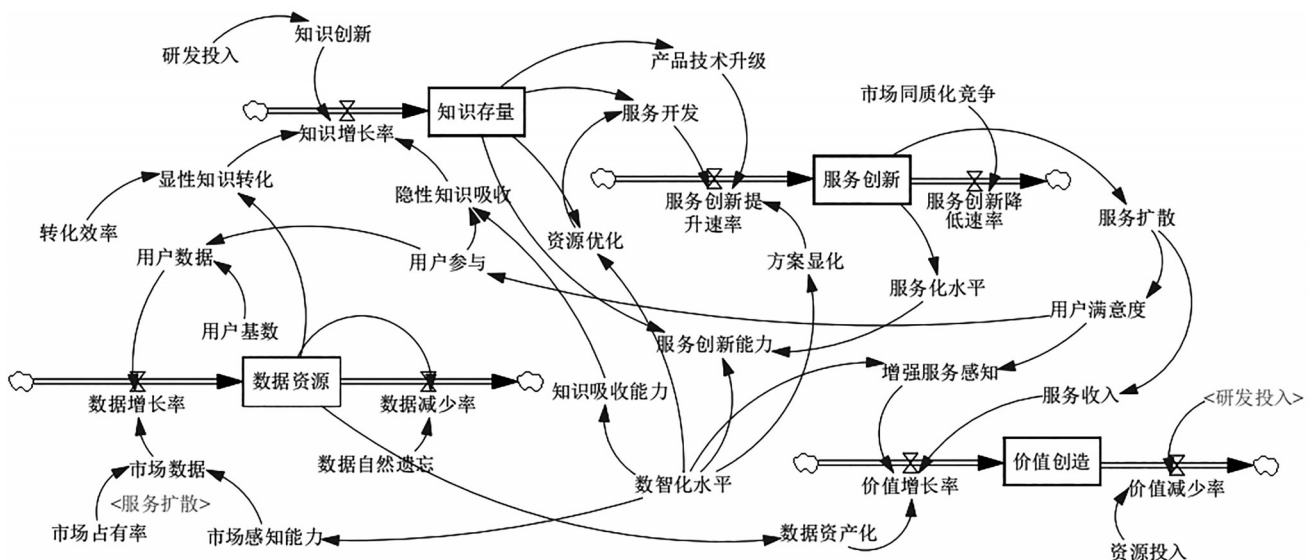


图8 数智赋能服务型制造模式创新系统流量存量

4 仿真分析及机理揭示

4.1 模型稳定性检验

结合数智赋能服务型制造模式创新系统存量流量图与主要方程设定,在仿真前需要对模型结构进行稳定性检验。为此,使用 Vensim PLE 软件,系统初始时间设置为 0,结束时间设置为 60(月),数智化水平的取值区间为[0,100],采用积分误差测试的方法检验系统模型稳定性,以状态变量“数智化水平”为例,计算各时间步长下模型输出的均方根误差(RMSE)及平均绝对百分比误差(MAPE),若不同步长下 RMSE 与 MAPE 波动幅度小于 5%,且核心变量曲线趋势一致,则判定模型通过稳定性检验。积分误差测试结果如表 1 所示。

表 1 积分误差测试结果			
时间步长	RMSE	MAPE	曲线趋势一致性
1	0.32	2.1%	一致
0.5	0.31	2.0%	一致
0.25	0.30	1.9%	一致
0.125	0.29	1.8%	一致

如图 9 所示,在仿真步长分别设置为 1(TIME STEP1)、0.5(TIME STEP2)、0.25(TIME STEP3)和 0.125(TIME STEP4)的情形下,仿真步长的变化并未对整体趋势产生显著影响,这说明模型可以有效规避因步长导致模型误差,证实了系统结构设计的合理性,因此模型通过检验。

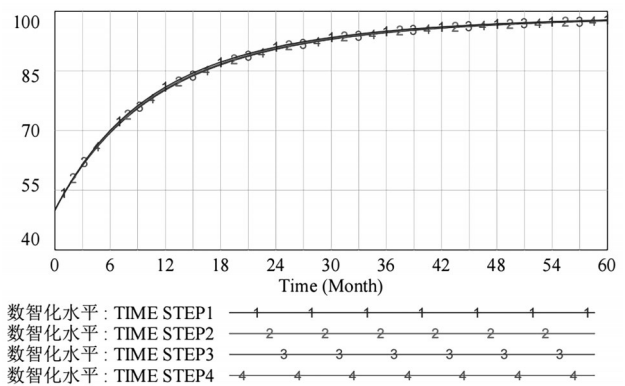


图 9 模型稳定性检验

4.2 仿真分析

针对数智赋能服务型制造模式创新过程模拟,关键变量包括数智化水平、数据资源、知识存量和价值创造。为此,利用 Vensim PLE 软件对这些关键变量仿真分析,旨在发现数智赋能下这些关键变量的演变趋势。将仿真时间设置为 60 个月,步长为 1 个月,数据资源初始值设置为 50,知识存量初始值设置为 60,数智化水平初始值设置为 40,服务创新初始值设置为 40,价值创造初始值设置为 0,模拟结果如图 10~14 所示。

由图 10 可知,数智赋能下制造企业数智化水平随

时间推移呈现出边际递减的增长曲线。数智化水平在前期呈现快速增长的趋势,后期增速逐渐放缓,且趋于平稳,最终接近 100 的饱和水平。产生这一特征的原因在于:企业在数智化前期,基础数智化建设空间较大,数智技术应用的边际效益显著,企业通过基础设施建设和市场服务机遇捕捉能够快速获得可见绩效;企业在数智化后期增速放缓反映了数智技术向制造过程与研发渗透较慢的现实,面临着打通“数据孤岛”、实现系统互联;突破组织惯性、提高员工技术水平等挑战,且受数智技术水平、企业业务和市场上限的约束,企业对新技术的学习、吸收能力存在阈值。数智化水平作为基础赋能变量,其提升为系统能力提供了支撑。

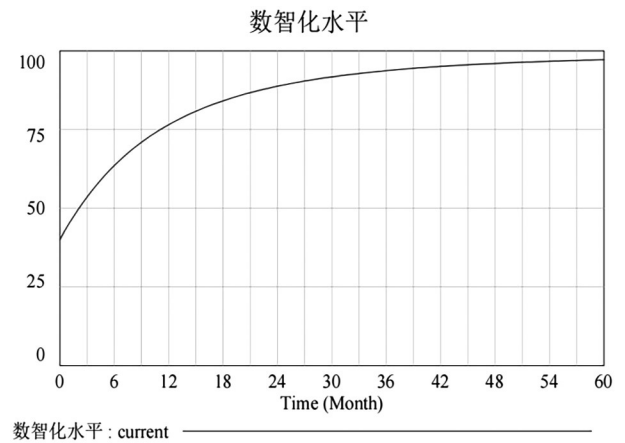


图 10 数智化水平仿真模拟结果曲线

由图 11 可知,数智赋能下制造企业数据资源随时间推移呈线性增长的发展趋势。企业的数据资源来源于自身的历史沉淀与数智化驱动的外部汲取。尤其在数智赋能下市场大类数据和用户精细数据不断集成,产生了数据资源积累量的持续增长。其中,用户精细数据主要来源于产品智能化的推进和用户基数及参与度的增加,这种“双轮驱动”机制确保了数据资源的稳定增长,也反映了企业数据治理能力的不断成熟。

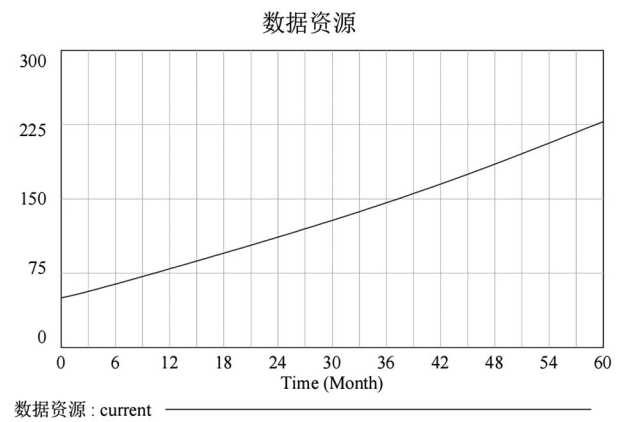


图 11 数据资源仿真模拟结果曲线

由图 12 可知,数智赋能下制造企业知识存量随时间推移呈指数型增长趋势。数智赋能下企业知识存量

快速增长得益于:一是企业借助数智技术及供需交互,能够大量吸收用户隐性知识;二是数智赋能下企业将数据转化为知识的能力得到提升;三是模式创新过程中持续产生的新知识为系统注入了持续动力,且形成了“创新-新知识-再创新”的正反馈循环。

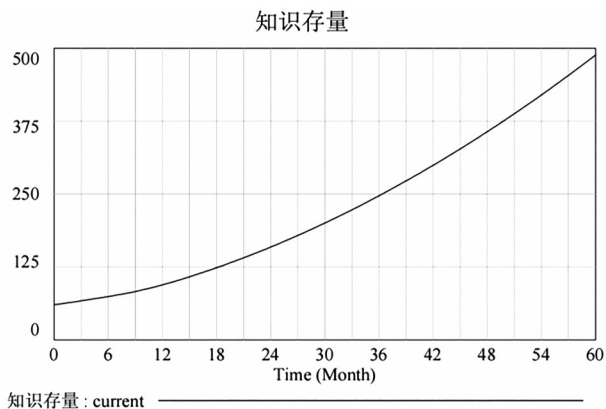


图 12 知识存量仿真模拟结果曲线

由图 13 可知,数智赋能下制造企业服务创新随时间推移增长,呈现出初期缓慢、后期迅猛的发展态势。产生该现象的原因包括:结构化数据和用户隐性知识是服务创新增长的基础动力,初期增速较慢受限于数据与知识的存量大小;数智化是服务创新的加速器,尤其当产品技术、数智技术与服务创新深度融合时,服务广度与深度能够得以显著释放;服务价值创造能力增强是服务创新的结果,综上,“知识-技术-能力”提升机制加速了企业服务创新增长。

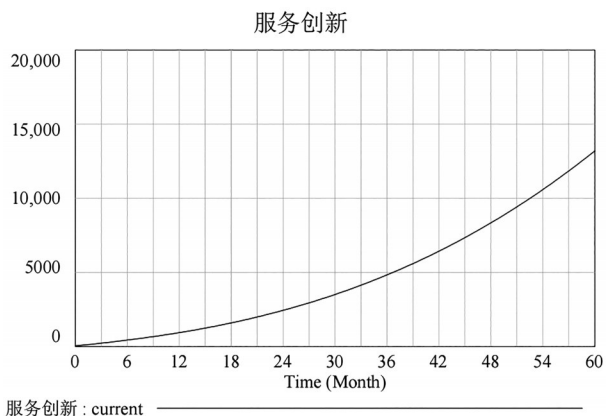


图 13 服务创新仿真模拟结果曲线

由图 14 可知,数智赋能下制造企业价值创造随时间推移呈指数型增长趋势。产生该态势的原因包括:初期数智技术渗透率及“数据-知识”转化率较低,数据资源处于积累、沉淀状态,仅支撑基础服务展开,企业价值创造仍遵循产品主导逻辑。随着数智赋能作用的增强,数据转化为知识并支持增值服务创新与提供的能力显著增强,推动了企业模式创新及价值创造增长。

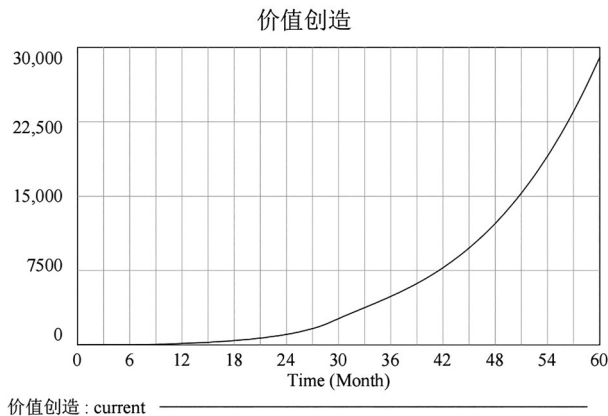


图 14 价值创造仿真模拟结果曲线

4.3 仿真结果讨论

基于系统动力学仿真结果,本研究得以动态、系统揭示数智赋能服务型制造模式创新的内在机理。该机理的核心在于数智技术并非外部的简单工具,而是通过重构资源转化逻辑、重塑组织能力体系,引发从产品主导到服务与价值主导的非线性系统跃迁。其深层逻辑体现在以下三个相互耦合的机制:

(1)资源转化机制:从数据积累到知识涌现的非线性跃迁。传统制造模式下,资源积累呈线性特征,且数据与知识相对割裂。数智赋能作用在于构建了“数据-知识-新数据”的增强转化回路。仿真结果显示,数据资源的线性增长为知识存量的指数增长提供了原料基础。然而,关键的跃迁点在于数智技术将海量、异构的数据萃取为结构化、可复用的知识。这一过程不是简单的汇总,而是产生了“ $1+1>2$ ”的知识涌现效应。新产生的知识进一步优化了数据采集的精度与范围,从而形成正向循环。这一机制破解了数据丰富而洞察贫乏的困境,使企业资源升级为动态自生长的智能资源。

(2)能力跃迁机制:从功能能力到体系能力的协同进化。数智赋能并非单一能力的提升,而是催化了企业能力体系的协同进化与结构重塑。仿真结果显示,数智化水平的提升是能力跃迁的初始投入与基础平台。首先赋能感知能力,实时捕获市场与用户数据,并显著增强吸收能力,高效内化外部知识。其次,这两种能力的增强为模式显化能力的激活创造了条件,使企业能将内化的知识与洞察,快速转化为具体服务方案与新型服务型制造模式。最终,价值感知与数据资产化能力的同步提升,确保了创新价值能被有效定义、传递并实现价值创造最大化。企业能力在数智赋能作用下相互激发、协同进化,从分散的功能能力集合整合为敏捷响应、持续学习的体系能力,其整体效能远超部分之和。

(3)价值实现机制:从成本中心到增长引擎的战略反馈闭环。服务型制造模式创新的最终检验在于价值创造。仿真结果揭示的价值创造指数增长曲线背后是一个强大的战略反馈闭环在发挥作用。初期,企业对服务创新的投入往往被视作一项主要产生成本而难以立

即带来显著收益的支出,价值增长缓慢,一旦服务创新通过市场验证(即跨越价值认可阈值),其创造的价值不仅体现为直接利润,更产生了两种战略反馈:一是财务反馈,为持续的数智化投入与能力建设提供再投资资源;二是数据与知识反馈,高价值的服务交互产生了更高质量的用户数据与场景知识,反哺资源基座。“创新产出-价值实现-资源再投入-能力增强-更高阶创新”的闭环,彻底改变了服务业务的角色,使其从附属的成本项目转变为企业可持续发展的核心引擎。

5 研究结论

在全球制造业服务化与数智化同步推进但关系难理的现实背景下,聚焦数智化如何推动服务型制造模式创新这一重要议题,分析了数智赋能服务型制造模式创新的特征,构建了数智赋能服务型制造模式创新的系统动力学模型,仿真分析了服务型制造模式创新过程中的数智化水平、数据资源、知识存量、服务创新和价值创造等关键变量随时间变化的演变规律,得到如下研究结论:

(1)数智赋能服务型制造模式创新并非简单的线性过程,而是呈现出“数据资源-知识存量-服务创新-价值创造”的链式传导机制。这一传导过程具有显著的动态性与系统性特征:首先,数据资源作为创新起点,通过数智技术实现了多源异构数据的实时采集和融合,为后续环节提供了持续输入;其次,知识存量作为核心枢纽,数智赋能作用下隐性知识吸收成为其增长重要来源;再次,当企业知识存量持续累积,支持服务创新爆发式增长;最后,价值实现环节实现了“价值创造-新数据涌现”的正反馈循环。这一机制突破了传统“技术-绩效”的二元分析框架,揭示了数智赋能在重构制造业价值创造逻辑中的系统作用。

(2)数智技术对服务型制造模式创新的赋能本质在于,重构企业动态能力体系与资源适配逻辑,具体表现为增强“市场感知能力-知识吸收能力-模式显化能力-服务价值感知能力”,强化了资源和能力关系,数智赋能成为创新范式变革的核心驱动力,推动制造业从“产品主导”向“数据-服务”双轮驱动型,从试错创新向精准运营演进,并增强了模式创新结果的预判性。

(3)数智赋能破解了服务型制造所面临的双向挤压困境。一方面,数据资源的有效利用降低了服务创新的成本;另一方面,客户的服务价值感知得以增强,为企业缓解了服务价值感知递减的压力。将异构用户数据转化为知识并形成数据资产,构成了企业模式持续创新的源泉。其中,产品智能化与用户参与的“双轮驱动”机制确保了数据资源的稳定增长,驱动了服务方案的动态优化。

数智化时代为制造企业服务型制造模式创新拓展了广阔的价值创造空间。本文虽通过构建系统动力学模型,揭示了数智赋能服务型制造模式创新机理,但由

于模式创新过程涉及因素繁杂,对部分因素的量化方式做了简化处理,后续研究可结合具体企业实例提取关键因素并展开仿真分析。

参考文献:

- [1] 张雨涵,周谧,周雅婧.基于生命周期的服务化转型企业价值增值机理:多案例研究[J].管理案例研究与评论,2022,15(5):563-581.
- [2] 张睿君,陈菊红,吴迪.制造企业服务化战略与运维商业模式创新的匹配:基于多案例的研究[J].管理评论,2020,32(2):308-326.
- [3] KOHTAMÄKI M, PARIDA V, OGHAI P, et al. Digital servitization business models in ecosystems: a theory of the firm [J]. Journal of Business Research, 2019, 104: 380-392.
- [4] ADEM A, BATTISTI G, DRIFFIELD N, et al. Choice versus necessity: understanding service diversification and firm performance in manufacturing [J]. Journal of Business Research, 2026, 206: 115949.
- [5] 罗建强,张弛.农机装备制造业服务型制造模式研究[J].中国工程科学,2023,25(1):178-186.
- [6] 苏昕,牟春兰,张正.服务型制造价值共创机理与实现路径研究:基于服务生态系统视角[J].宏观经济研究,2021(1):96-104,130.
- [7] LIU H D, ZHAO H F. Upgrading models, evolutionary mechanisms and vertical cases of service oriented manufacturing in SVC leading enterprises: product-development and service innovation for industry 4.0 [J]. Humanities and Social Sciences Communications, 2022, 9(1): 1-24.
- [8] 罗仲伟,刘树龙.以推进服务型制造助力稳定经济[J].价格理论与实践,2022(11):19-25.
- [9] JI G J, LIU C, TAN K H. Experience and word-of-mouth—breaking the servitization paradox from the perspective of matching hidden demands [J]. Systems, 2025, 13(11): 1025.
- [10] VARGO S L, LUSCH R F. Service-dominant logic: continuing the evolution [J]. Journal of the Academy of Marketing Science, 2008, 36(1): 1-10.
- [11] VISNJIC K I, VAN L B. Servitization: disentangling the impact of service business model innovation on manufacturing firm performance [J]. Journal of Operations Management, 2013, 31(4): 169-180.
- [12] CHIRUMALLA K, LEONI L, OGHAI P. Moving from servitization to digital servitization: identifying the required dynamic capabilities and related microfoundations to facilitate the transition [J]. Journal of Business Research, 2023, 158: 113668.
- [13] SJÖDIN D, PARIDA V, KOHTAMÄKI M. Artificial intelligence enabling circular business model innovation in digital servitization: conceptualizing dynamic capabilities, AI capacities, business models and effects [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2023, 197: 122903.
- [14] 湛军,刘英.数字化转型、动态能力与制造业服务化:基于营商环境的调节效应[J].经济与管理,2024,38(3):36-44.
- [15] 刘宏筵,赵宏丽,李晨阳,等.服务型制造模式价值增值的系统动力与关键动因研究[J].系统工程理论与实践,2026,46(4):1769-1791.
- [16] LENKA S, PARIDA V, WINCENT J. Digitalization capabilities as

- enablers of value co-creation in servitizing firms [J]. *Psychology & Marketing*, 2017, 34(1): 92-100.
- [17] 池毛毛, 叶丁菱, 王俊晶, 等. 我国中小制造企业如何提升新产品开发绩效: 基于数字化赋能视角[J]. *南开管理评论*, 2020, 23(3): 63-75.
- [18] 储节旺, 吴蓉, 李振延. 数智赋能的创新生态系统构成及运行机制研究[J]. *情报理论与实践*, 2023, 46(3): 1-8.
- [19] 梁玲玲, 李烨, 陈松. 数智赋能对企业开放式创新的影响: 数智二元能力和资源复合效率的中介作用[J]. *技术经济*, 2022, 41(6): 59-69.
- [20] STRUYF B, GALVANI S, MATTHYSSENS P, et al. Toward a multilevel perspective on digital servitization [J]. *International Journal of Operations & Production Management*, 2021, 41(5): 668-693.
- [21] CHIARA A, ANDREA S, MARCO G, et al. Digital technology and business model innovation: a systematic literature review and future research agenda [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2023, 188: 122307.
- [22] FUKAWA N, RINDFLEISCH A. Enhancing innovation via the digital twin [J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2023, 40(4): 391-406.
- [23] 张振刚, 杨玉玲, 陈一华. 制造企业数字服务化: 数字赋能价值创造的内在机理研究[J]. *科学学与科学技术管理*, 2022, 43(1): 38-56.
- [24] 陈剑, 刘运辉. 数智化使能运营管理变革: 从供应链到供应链生态系统[J]. *管理世界*, 2021, 37(11): 227-240, 14.
- [25] 王莉静, 郭辰雨, 杨晨, 等. 制造业企业数智服务化驱动商业模式创新的路径研究[J]. *中国科技论坛*, 2025(10): 133-142.
- [26] PAIOLA M. Digitalization and servitization: opportunities and challenges for Italian SMES [J]. *Sinergie Italian Journal of Management*, 2018, 36: 11-22.
- [27] ODURS S, NISCO A, MAINOLFI G. Do digital technologies pay off? a meta-analytic review of the digital technologies/firm performance nexus [J]. *Technovation*, 2023, 128: 102836.
- [28] 杨蕙馨, 孙芹. 数字技术与服务化对制造业企业绩效的影响研究[J]. *经济与管理评论*, 2023, 39(3): 116-129.
- [29] COREYNEN W, MATTHYSSENS P, VAN BOCKHAVEN W. Boosting servitization through digitization: pathways and dynamic resource configurations for manufacturers [J]. *Industrial Marketing Management*, 2017, 60: 42-53.
- [30] SJÖDIN D, PARIDA V, KOHTAMÄKI M, et al. An agile co-creation process for digital servitization: a micro-service innovation approach [J]. *Journal of Business Research*, 2020, 112: 478-491.
- [31] 赵宸宇. 数字化发展与服务化转型: 来自制造业上市公司的经验证据[J]. *南开管理评论*, 2021, 24(2): 149-163.
- [32] KOHTAMÄKI M, PARIDA V, PATEL P C, et al. The relationship between digitalization and servitization: the role of servitization in capturing the financial potential of digitalization [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 151: 119804.
- [33] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等. 企业数字化转型与资本市场表现: 来自股票流动性的经验证据[J]. *管理世界*, 2021, 37(7): 130-144, 10.
- [34] 乔晗, 徐君如, 张硕. 基于系统动力学的社群电商价值创造影响效应研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2023, 43(9): 2615-2631.

Research on the Mechanism of Digital Intelligence Empowering Innovation in Service-Oriented Manufacturing Models

LIU Chunwang¹, LUO Jianqiang^{1,2}

(1.School of Management, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China;

2.China Institute for Agricultural Equipment Industrial Development, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: Given the complexities of understanding the relationship between servitization and digital intelligence, and the complexities of the innovation process for service-oriented manufacturing models enabled by digital intelligence, this paper systematically reveals the inherent mechanisms of digital intelligence-empowered service-oriented manufacturing innovation. This paper constructs a system dynamics model of digital intelligence-empowered service-oriented manufacturing model innovation. Combined with simulation analysis, the findings include: first, digital intelligence-empowered service-oriented manufacturing innovation exhibits a chain-like transmission characteristic of "data-driven, knowledge accumulation, service innovation, and value creation"; Second, digital intelligence drives the innovative development of service-oriented manufacturing models by reconstructing the enterprise's dynamic capability system and breaking the resource adaptation logic of physical boundaries; Third, digital intelligence address the dilemma of increasing service provision costs and decreasing value perception faced by service-oriented manufacturers, significantly supporting innovation in the service-oriented manufacturing models. The research conclusions reveal the inherent logic of the deep integration of servitization and digital intelligence from a dynamic feedback perspective, contributing to a more systematic understanding of the relationship between servitization and digital intelligence in manufacturing.

Keywords: digital intelligence empowerment; service-oriented manufacturing; model innovation; system dynamics