

制造企业数据交易与数据外包的策略组合优化研究

王慧希*, 任 南, 姚 成

江苏科技大学经济管理学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2025年11月12日; 录用日期: 2025年11月25日; 发布日期: 2025年12月23日

摘 要

制造企业目前普遍面临内部数据处理能力薄弱与外部市场需求不确定的双重约束, 数据要素作为制造业数字化转型的核心驱动力, 其价值实现取决于企业能否有效应用数据。本文通过构建Stackelberg博弈模型, 分析了传统策略(NN)、数据交易策略(TN)、数据外包策略(ND)及组合策略(TD)下的企业定价与利润均衡。研究发现: (1) 数据交易策略的价值受交易成本与内部数据转化能力的双重约束, 适度引入外部数据可优化需求预测, 但过度采购将导致边际收益递减; (2) 数据外包策略的有效性依赖于外包商的数据处理能力, 仅当其能力突破阈值时, 专业化效率提升才能覆盖外包成本; (3) 数据交易与外包的组合策略在内部能力适中、时效性损失较低且外部成本可控时, 可通过“数据广度获取-专业化深度处理”的协同路径实现企业利润最大化。本研究为制造企业破解“能力-需求”双维约束提供了“策略-能力-成本”三位一体的决策框架, 对深化数据要素市场化配置理论与实践具有重要参考价值。

关键词

制造业, 数据外包, 数据交易, 策略组合, 数据要素

Optimization Research on Manufacturing Enterprise Data Transaction and Data Outsourcing Strategy Combination

Huixi Wang*, Nan Ren, Cheng Yao

School of Economics and Management, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang Jiangsu

Received: November 12, 2025; accepted: November 25, 2025; published: December 23, 2025

*通讯作者。

文章引用: 王慧希, 任南, 姚成. 制造企业数据交易与数据外包的策略组合优化研究[J]. 电子商务评论, 2025, 14(12): 3900-3912. DOI: 10.12677/eci.2025.14124322

Abstract

Manufacturing enterprises currently face prevalent dual constraints: weak internal data processing capabilities and uncertain external market demands. As the core driving force behind the digital transformation of the manufacturing industry, the value realization of data elements depends on enterprises' effective application of data. By constructing a Stackelberg game model, this study analyzes the pricing and profit equilibria of enterprises under four strategies: the traditional strategy (NN), data transaction strategy (TN), data outsourcing strategy (ND), and combined strategy (TD). The findings are as follows: (1) The value of the data transaction strategy is dually constrained by transaction costs and internal data conversion capabilities. Moderate introduction of external data can optimize demand forecasting, but excessive procurement leads to diminishing marginal returns; (2) The effectiveness of the data outsourcing strategy relies on the data processing capabilities of outsourcing providers. Only when their capabilities exceed a threshold can the improvement in professional efficiency offset the outsourcing costs; (3) When internal capabilities are moderate, timeliness losses are low, and external costs are controllable, the combined strategy of data transaction and outsourcing can achieve enterprise profit maximization through the synergistic path of "acquiring data breadth-conducting professional in-depth processing". This study provides a "strategy-capability-cost" trinity decision-making framework for manufacturing enterprises to address the dual-dimensional constraints of "capability-demand", and offers important reference value for deepening the theory and practice of market-oriented allocation of data elements.

Keywords

Manufacturing Industry, Data Outsourcing, Data Transaction, Strategy Combination, Data Elements

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在数字技术与实体经济深度融合的背景下,数据要素已成为驱动制造业竞争格局的核心力量。据 IDC 报告显示,2024 年中国数据要素市场规模达 1591.8 亿元,近五年复合年增长率达 48.95%,其中制造业数据交易占比超 35% [1],呈现强劲发展态势。面向终端客户的制造企业,因其生产与供应链管理高度依赖需求预测,已成为数据要素应用的关键主体。以特斯拉为例,通过整合实时生产数据与第三方充电桩分布信息,实现了区域库存优化,订单交付周期平均缩短 22%,库存周转率提升 18%。制造企业数据资源通常可分为内部运营数据(如生产、物流、库存信息)与行业市场数据(通过外部交易获取、如竞品销量、区域消费趋势)两类[2],二者协同可显著提升需求预测与库存管理效率。然而,制造企业在数据应用过程中面临双重挑战:一方面,内部数据处理能力薄弱,存在数据采集、存储、清洗、分析等多环节的技术与人才短板[3]。调研显示,73%的中小制造企业因缺乏专业数据分析团队,数据利用率不足 30% [4],而自建数据处理部门成本高昂;另一方面,企业普遍面临外部需求不确定和供应链扰动(如极端天气、需求突变)所带来的预测困难,导致库存积压或供应短缺频发[3] [5]。

在此背景下,数据交易与数据外包成为企业突破“内部数据处理能力不足 + 市场需求不确定性”双维约束的重要途径。通过数据交易,制造企业可获得多源市场数据,以提升预测准确性并降低运营损失

[6] [7]; 通过数据外包, 则可借助外部专业力量完成数据处理任务, 在保障质量的同时控制成本。

学术界围绕数据要素市场化配置与企业数据策略已展开广泛研究。在数据交易方面, 学者们多关注机制设计与政策干预, Yu 等[8]通过系统分析数据交易中的合规性、外部性与成本问题, 提出“数据用益权”作为解决数据权利模糊性的方案; 温越等[7]通过构建数据供应商、交易平台与政府的三方演化博弈模型, 提出政府应通过补贴与规制相结合的方式促进数据交易基础设施建设; 郭鑫鑫等[9]通过设计基于需求函数投标的拍卖机制, 解决了数据交易中的信息不对称问题; 戴魁早等[10]通过实证分析证实, 数据交易平台建设能显著提升制造企业全要素生产率。在数据外包方面, 研究多集中于企业如何借助外部服务优化运营, Xiong 等[11]通过分析半外包与完全外包两种合同, 揭示了制造商基于承包商规模选择外包模式的内在规律; Mazumder 等[12]指出, 外包服务商通过数字化转型实现虚拟化与平台化, 提升服务效率与扩展服务范围的能力。

然而, 既有研究大多预设企业具备较强的数据能力, 或侧重组织内部与供应链协同机制[13]-[15], 未能充分关注多数制造企业实际面临的“内部数据处理能力不足”与“外部市场需求不确定”双重约束, 尤其缺乏从数据要素市场化流通视角, 将数据交易商与外包商同时纳入分析框架, 探讨其协同机制对企业决策与绩效的影响。

从理论层面看, 本研究旨在衔接交易成本经济学与资源基础观, 以深化对制造企业数据策略的理解。交易成本经济学强调, 企业的边界决策源于对市场交易成本与内部管理成本的权衡[16]。数据交易与外包策略的本质, 正是企业在“内部化数据处理”与“外部化获取数据或数据处理服务”之间的治理选择。本研究将揭示, 在数据要素的特定情境下, 数据资产的非竞争性、价值衍生性以及合规风险如何重塑交易成本结构, 从而扩展了 TCE 理论在数字环境下的应用。同时, 资源基础观将企业视为独特资源的集合, 而数据正日益成为关键的战略资源[17]。然而, 数据本身的价值实现并非自动, 其根本上依赖于企业的“数据处理能力”——一种将原始数据转化为洞察与行动的动态能力。本研究通过构建“策略-能力-成本”分析框架, 不仅回应了“企业为何存在”的经典命题, 也揭示了在数字经济中“企业如何凭借数据与能力构建竞争优势”的新机制。

因此, 构建“数据获取-处理-价值转化”的全流程闭环体系具有重要意义。基于上述研究缺口, 本文重点探究以下研究问题: (1) 当企业面临市场需求不确定时, 在已有需求信息的基础上, 是否有必要进一步通过数据交易获取更多产品市场需求信息? 这对定价策略和收益有何影响? (2) 企业是否需要采取数据外包策略以提高数据要素利用率及整体经济效益? (3) 企业采取数据交易与数据外包处理的策略组合是否更加有利于整体的经济效益提升?

为此, 本文从组合决策视角出发, 构建了一个由制造企业与客户构成的动态 Stackelberg 博弈模型, 将数据交易商和数据外包商纳入其中。在此模型框架下, 制造企业作为主导者, 确定产品价格, 同时就是否交易市场数据、是否采用数据外包处理做出决策; 客户作为跟随者, 根据自身效用来决定产品的采购。通过求解模型的均衡解, 本文揭示数据外包与数据交易对制造企业决策行为、利润水平的影响机制, 为企业制定科学合理的数据资源利用策略提供理论依据和实践指导。

2. 问题描述与模型构建

假设在单寡头市场结构下的传统制造业供应链中, 直接面向终端客户的制造企业, 其向客户销售价格为 p 的产品, 产品的市场需求量为 q , 客户对产品的估值为 v 。从数据价值利用角度出发, 对于制造企业而言, 其内部数据量 d_i 通常涵盖企业自身产品维度的相关数据[18]。相应地, 制造企业也具备一定的数据处理能力 α_0 , 本研究借鉴信息管理领域的的能力框架[19], 将数据处理能力定义为一个多维度的构念, 主要包括: (1) 技术能力, 即运用大数据平台、分析工具与算法模型对数据进行存储、清洗与挖掘的技术

基础设施水平；(2) 人才能力，指企业拥有能够执行数据分析和解读数据的专业团队(如数据科学家、分析师)的技能与经验；(3) 流程能力，包括保障数据质量、安全、合规的数据治理机制以及促进数据跨部门共享与协作的组织流程。在本文的模型中， α_0 作为一个综合性参数，其数值的高低与企业在采购、运输和销售等关键环节的运营效率呈正相关，制造企业自身单位数据处理的成本记为 c_s 。考虑到制造业供应链多链协同运作的特性，产品交付时间直接影响企业运营效率与客户关联链条运行状态，若交付延迟，不仅导致企业自身效率下降，还会给客户带来连锁经济损失，因此，产品交付及时性[20]成为衡量企业绩效的核心指标，客户采购决策也高度关注时效性损失。本文假设制造企业处理数据而产生的时间延迟为 t_0 ，客户因延迟而造成的单位损失为 i ，为方便计算，令 $l_1 = t_0 i$ 代表整体时效性损失。

此外，市场存在的不确定性波动[21]也是制造企业必须面对的挑战之一。为了应对这种不确定性，制造企业需要保持一定的库存水平，以确保对客户的不间断供应。假设制造企业面对市场波动程度为 m 情境下所需确保的库存为 k ，单位库存积压损失为 l_2 。

因此，可得到传统策略(NN)下客户的效用函数为：

$$U_1 = v - (1 - \alpha_0) d_1 l_1 - p_1 \quad (1)$$

制造企业的利润函数为：

$$\pi_1 = p_1 q_1 - m l_2 k - c_s d_1 \quad (2)$$

若制造企业采取数据交易策略，其向数据交易商购买单位数据量价格为 c_T 的产品行业的市场数据量 d_2 ，其数据通常包含行业维度数据，制造企业可以利用其数据价值来减少市场波动性和优化库存。假设制造企业自身对行业市场数据的实际价值转化率[14]为 n_1 ，令 $m_1 = n_1 \alpha_0 d_2$ 代表对市场预测程度。

由此，可得到数据交易策略(TN)下客户的效用函数为：

$$U_2 = v - (1 - \alpha_0) (d_1 + d_2) l_1 - p_2 \quad (3)$$

制造企业的利润函数为：

$$\pi_2 = p_2 q_2 - (m - n_1 \alpha_0 d_2) l_2 k - c_s (d_1 + d_2) - c_T d_2 \quad (4)$$

若制造企业采取数据外包策略，将数据处理业务全权交由数据外包商。数据外包商的单位数据处理费用为 c_D ，数据处理能力为 α_1 ，不失一般性，数据外包商的数据处理能力大于制造企业自身，即 $\alpha_1 > \alpha_0$ 。

由此，可得到数据外包策略(ND)下客户的效用函数为：

$$U_3 = v - (1 - \alpha_1) d_1 l_1 - p_3 \quad (5)$$

制造企业的利润函数为：

$$\pi_3 = p_3 q_3 - m l_2 k - c_D d_1 \quad (6)$$

若制造企业采取数据交易和数据外包组合策略时，制造企业也可以利用数据外包处理行业市场数据价值来减少市场波动性优化库存。假设数据外包对行业市场数据的实际价值转化率为 n_2 ，令 $m_2 = n_2 \alpha_0 d_2$ 代表对市场预测程度。

由此，可得到数据交易与数据外包组合策略(TD)下客户的效用函数为：

$$U_4 = v - (1 - \alpha_1) (d_1 + d_2) l_1 - p_4 \quad (7)$$

制造企业的利润函数为：

$$\pi_4 = p_4 q_4 - (m - n_2 \alpha_1 d_2) l_2 k - c_D (d_1 + d_2) - c_T d_2 \quad (8)$$

3. 模型分析

本模型为以制造企业为主导的 Stackelberg 动态博弈模型, 运用逆向推导法, 求出传统策略(NN)、数
据交易策略(TN)、数据外包策略(ND)、数据交易与外包组合策略(TD)四个模型的均衡解, 如表 1 所示。

Table 1. Model and equilibrium solution

表 1. 模型及均衡解

	NN 模型	TN 模型	ND 模型	TD 模型
p	$\frac{1}{2}(1-d_1l_1+d_1l_1\alpha_0)$	$\frac{1}{2}(1-d_1l_1-d_2l_1+d_1l_1\alpha_0+d_2l_1\alpha_0)$	$\frac{1}{2}(1-d_1l_1+d_1l_1\alpha_1)$	$\frac{1}{2}(1-d_1l_1-d_2l_1+d_1l_1\alpha_1+d_2l_1\alpha_1)$
q	$\frac{1}{2}(1+d_1l_1(-1+\alpha_0))$	$\frac{1}{2}(1+d_1l_1(-1+\alpha_0)+d_2l_1(-1+\alpha_0))$	$\frac{1}{2}(1+d_1l_1(-1+\alpha_1))$	$\frac{1}{2}(1+d_1l_1(-1+\alpha_1)+d_2l_1(-1+\alpha_1))$
π	$\frac{1}{4}\begin{pmatrix} 1-4c_s d_1-4kml_2 \\ +2d_1l_1(-1+\alpha_0) \\ +d_1^2l_1^2(-1+\alpha_0)^2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -c_r d_2-c_s(d_1+d_2) \\ +\frac{1}{4}(1+d_1l_1(-1+\alpha_0)+d_2l_1(-1+\alpha_0))^2 \\ -kl_2(m-d_2n_1\alpha_0) \end{pmatrix}$	$\frac{1}{4}\begin{pmatrix} 1-4c_d d_1-4kml_2 \\ +2d_1l_1(-1+\alpha_1) \\ +d_1^2l_1^2(-1+\alpha_1)^2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -c_r d_2-c_d(d_1+d_2+ \\ \frac{1}{4}(1+d_1l_1(-1+\alpha_1)+d_2l_1(-1+\alpha_1))^2 \\ -kl_2(m-d_2n_2\alpha_1) \end{pmatrix}$

命题 1: 在传统策略(NN)下制造企业既不采取数据交易策略, 也不进行数据外包处理。此时, 制造企业的最优定价策略为:

$$p_1 = \frac{1}{2}(1-d_1l_1+d_1l_1\alpha_0) \quad (9)$$

该定价策略反映了制造企业在缺乏外部数据支持和外包服务的情况下, 仅依赖内部数据进行决策时的定价行为。

最佳利润为:

$$\pi_1 = \frac{1}{4}(1-4c_s d_1-4kml_2+2d_1l_1(-1+\alpha_0)+d_1^2l_1^2(-1+\alpha_0)^2) \quad (10)$$

命题 1 表明, 在 NN 策略下, 制造企业的产品定价与自身数据处理能力 α_0 正相关, 而与内部数据量 d_1 和时效性损失 l_1 负相关。进一步地, α_0 对此负向关系具有调节作用: α_0 越大, d_1 和 l_1 对定价的抑制效应越弱。利润与 α_0 呈非线性正相关, 与企业自身数据分析处理的成本 c_s 及库存损失 kml_2 负相关, 且随 d_1 与 l_1 的交互作用动态变化。这意味着, 当内部数据量扩大时, 若自身数据处理能力不足, 数据冗余会导致信息处理边际效益递减, 企业需通过降低产品定价以抵消数据处理效率不足带来的市场竞争力损耗; 而时效性损失的增加会直接削弱客户效用, 企业以降价策略维持需求规模。

命题 2: 比较传统策略(NN)与数据交易策略(TN), 当 $l_1 < \frac{1}{d_1-d_1\alpha_0}$ 、 $d_2 < -d_1 + \frac{1}{l_1-l_1\alpha_0}$ 时, 有 $\Delta\pi^{\text{TN-NN}} > 0$ 。

命题 2 表明, 当时效性损失 l_1 低于阈值时, TN 策略与 NN 策略的利润差为正。该利润差随产品行业的市场数据量 d_2 增大呈先递增后递减的趋势, 即当 d_2 超过阈值后出现边际收益递减。此外, 自身数据处理能力 α_0 通过提升外部数据的转化效率, 对利润差产生正向调节作用。

这意味着, 当时效性损失处于一定阈值时, 数据处理延迟对客户效用的削弱较弱, 此时增加产品行业市场数据量可通过自身数据分析处理能力的转化作用与内部数据量形成协同, 提升需求预测精度。在

产品行业市场数据量未达阈值前, 数据增量的边际价值高于交易成本, 企业倾向于扩大数据交易量以放大利润差; 当产品行业市场数据量超过阈值时, 信息冗余导致处理效率下降, 此时企业会缩减交易规模以降低成本。

推论 1: 比较传统策略(NN)与数据交易策略(TN), 当产品行业市场数据量 d_2 超过阈值时, 制造企业的利润差随 d_2 的增加呈递增趋势; 相反, 随着数据交易费用 c_T 的上升, 该利润差将逐渐收窄。这意味着, 一旦外部数据量突破阈值, 其与内部数据产生的协同效应便能超越额外的边际成本; 而交易成本的增加则会削弱数据交易策略的相对优势。因此, 企业需有效控制交易成本, 以维持并扩大其利润差。

基于推论 1 可知, 当产品行业市场数据量超过特定阈值后, 企业应意识到外部数据与内部数据的协同效应虽仍在深化, 但其边际收益已面临数据交易成本上升的问题。此时, 企业需着力降低数据获取、整合与合规性交易成本, 以维持并扩大利润差。

命题 3: 比较传统策略(NN)与数据外包策略(ND), 当

$$\alpha_1 > \frac{l_1(-1+d_1l_1) + \sqrt{l_1^2(4c_Dd_1 - 4c_Sd_1 + (1+d_1l_1(-1+\alpha_0))^2)}}{d_1l_1^2} \text{ 且}$$

$$c_D > c_S + \frac{1}{16}l_1(4+d_1^3l_1^3 + 2d_1l_1(-2+\alpha_0))(d_1^2l_1^2 - 2\alpha_0) \text{ 时, 有 } \Delta\pi^{\text{ND-NN}} > 0; \text{ 当 } \frac{1}{2}d_1^2l_1^2 < \alpha_1 < \frac{-4+4d_1l_1-d_1^3l_1^3}{2d_1l_1} \text{ 且}$$

$$c_D < c_S - \frac{1}{4}l_1(\alpha_0 - \alpha_1)(2+d_1l_1(-2+\alpha_0+\alpha_1)) \text{ 时, 有 } \Delta\pi^{\text{ND-NN}} > 0。$$

命题 3 表明, 外包商的数据处理能力 α_1 与利润差正相关, 而其数据处理费用 c_D 与利润差负相关。具体而言, 当 α_1 突破能力阈值时, 即使 c_D 高于某一费用阈值, 采用 ND 策略仍能获得较高利润。此外, 当 α_1 处于一定区间且 c_D 低于相应成本阈值时, ND 策略同样更优; 此时, α_1 的提升继续正向驱动利润差, 而将 c_D 控制在阈值以下是利润差为正的必要前提。

由此可知, 企业应依据外包商数据处理能力的阶段性特征动态调整数据合作策略: 能力较低时, 可借助外包提升数据时效性与客户效用, 扩大需求; 能力突破阈值后, 其专业化带来的决策收益可覆盖额外成本, 助力精准预测与定价, 提升利润; 能力处于适度区间时, 则应利用其成本与效率优势, 将内部资源聚焦核心业务, 实现轻量化运营与协同增效。例如, 特斯拉依托外包商 Scale AI 的能力演进, 从数据标注扩展至多模态融合与仿真测试, 在控制成本的同时加速了自动驾驶商业化, 体现了基于能力阈值动态优化数据合作策略的价值。

命题 4: 比较传统策略(NN)与数据交易和数据外包组合策略(TD), 当 $\frac{-1+d_1l_1}{d_1l_1} < \alpha_0 < \frac{1+d_1l_1}{d_1l_1}$ 、 $\frac{-1+d_1l_1+d_2l_1}{d_1l_1+d_2l_1} < \alpha_1 < \frac{1+d_1l_1+d_2l_1}{d_1l_1+d_2l_1}$ 时, 有 $\Delta\pi^{\text{TD-NN}} > 0$; 当 $l_1 < -\frac{1}{-d_1-d_2+d_1\alpha_1+d_2\alpha_1}$ 时, 有 $\Delta\pi^{\text{TD-NN}} > 0$ 。

命题 4 表明, TD 策略的最优性依赖于双重临界条件: 一是制造企业自身数据处理能力 α_0 与外包商的数据处理能力 α_1 需同时处于适宜区间; 二是时效性损失 l_1 需低于某一水平, 且 α_0 处于合理范围。具体而言, 产品行业市场数据量 d_2 的增加会扩大利润差, 凸显规模优势; 内外部数据处理能力 α_1 与 α_0 的提升通过协同效应正向调节利润差; 而 l_1 的增加则会降低该优势, 因其导致数据时效性价值衰减, 削弱策略有效性。

由此可知, 企业应在明确自身数据处理能力合理区间的基础上, 采取“内外协同、分级治理”的数据策略: 内部聚焦核心数据的基础处理与安全管控, 保障关键业务的响应能力与自主性; 外部则将高阶分析任务交由专业外包商, 借助其规模化与专业化能力降低成本, 避免非核心环节的资源冗余与技术风险。例如, 博世在工业 4.0 转型中, 将生产线实时监控等核心数据保留于自有物联网平台处理, 而将全球市场需求分析与供应链优化建模外包予 SAP 等服务商, 在确保数据安全与实时性的同时, 显著提升了供

应链协同效率与市场响应速度。

命题 5: 比较数据交易策略(TN)与数据交易和数据外包组合策略(TD), 当

$$\frac{-1+d_1l_1+d_2l_1}{d_1l_1+d_2l_1} < \alpha_1 < \frac{1+d_1l_1+d_2l_1}{d_1l_1+d_2l_1} \text{ 时, 若}$$

$$c_D < \frac{4c_s(d_1+d_2)+\alpha_0\left(2(d_1+d_2)l_1(-1+(d_1+d_2)l_1)-4kd_2l_2n_1-(d_1+d_2)^2l_1^2\alpha_0\right)+2\left((d_1+d_2)l_1(1-(d_1+d_2)l_1)+2kd_2l_2n_2\right)\alpha_1+(d_1+d_2)^2l_1^2\alpha_1^2}{4(d_1+d_2)}, \text{ 有 } \Delta\pi^{\text{TD-TN}} > 0; \text{ 若}$$

$$\frac{-1+d_1l_1+d_2l_1}{d_1l_1+d_2l_1} < \alpha_0 < \frac{1+d_1l_1+d_2l_1}{d_1l_1+d_2l_1}, \text{ 且 } c_s < \frac{1}{4(d_1+d_2)} \left(\frac{4c_D(d_1+d_2)+\alpha_0\left(-2(d_1+d_2)l_1(-1+(d_1+d_2)l_1)\right)}{+4kd_2l_2n_1+(d_1+d_2)^2l_1^2\alpha_0} \right) + 2 \left(\frac{(d_1+d_2)l_1(-1+(d_1+d_2)l_1)}{-2kd_2l_2n_2} \right) \alpha_1 - (d_1+d_2)^2l_1^2\alpha_1^2 \right)$$

时, 有 $\Delta\pi^{\text{TD-TN}} > 0$ 。

命题 5 表明, TD 策略的最优性分别对应两种情境: 其一, 当外包商的数据处理能力 α_1 处于特定区间且其处理费用 c_D 低于阈值时; 其二, 当企业自身数据处理能力 α_0 与外包商数据处理能力 α_1 处于协同区间, 且自身数据处理成本 c_s 低于阈值时。

可以看出, 企业应建立以能力匹配和成本效益为核心的外包合作筛选机制, 选择与企业数据规模相适应的外包商, 避免能力冗余或不足导致成本增加或价值流失。若外包费用低于阈值, 可扩大外包范围, 利用规模效应降低成本, 并以收益增量覆盖外包支出。同时, 内部应专注核心数据的基础处理以保障安全与实时性, 将非核心高阶分析任务外包, 借助专业化能力弥补自身短板。

命题 6: 比较数据外包策略(ND)与数据交易和数据外包组合策略(TD), 当 $l_1 < -\frac{1}{-d_1+d_1\alpha_1}$ 、

$$d_2 < \frac{-1+d_1l_1-d_1l_1\alpha_1}{-l_1+l_1\alpha_1} \text{ 且 } c_T < \frac{1}{4} \left(\frac{-4c_D-2l_1+2d_1l_1^2+d_2l_1^2}{+2l_1\alpha_1-4d_1l_1^2\alpha_1-2d_2l_1^2\alpha_1} \right) \text{ 时, 有 } \Delta\pi^{\text{TD-ND}} > 0。$$

命题 6 表明, 当整体时效性损失 l_1 低于阈值、产品行业的市场数据量 d_2 未达信息完备性阈值且数据交易费用 c_T 低于一定阈值时, TD 策略最优。其利润优势受三个关键因素影响: l_1 的降低能减少数据价值折损, 从而扩大利润差; d_2 的增加通过信息增益强化策略优势; 而 c_T 的下降则进一步放大该优势, 体现出低成本数据交易对协同效应的促进作用。

因此, 企业需建立多维度协同的数据战略, 若时效性损失低于阈值, 可将内部数据交由合格外包商处理, 以快速释放数据价值, 避免处理延迟导致效率降低; 若市场数据量未达阈值, 应通过数据交易引入外部数据, 并借助外包商实现内外部数据融合, 提升决策全面性; 若数据交易成本低于阈值, 可扩大外部数据采购规模, 并通过谈判降低外包费率, 以充分发挥“数据交易 + 外包”的协同优势。例如, 宝钢股份依托西门子 MindSphere 平台处理高炉实时数据以保障时效性, 同时采购并融合分析全球铁矿石市场数据, 通过规模合作降低单位成本, 实现了生产与市场数据的高效协同, 显著提升了采购效率与生产调度精度。

4. 博弈仿真分析

4.1. 算例求解

借鉴文献[7][9][22]-[24]的数据, 在模型假设的基础上对参数进行赋值, 令 $k=0.5$ 、 $m=0.005$ 、 $l_1=0.6$ 、

$l_2 = 0.6$ 、 $d_1 = 0.7$ 、 $d_2 = 0.8$ 、 $\alpha_0 = 0.6$ 、 $\alpha_1 = 0.8$ 、 $n_1 = 0.6$ 、 $n_2 = 0.7$ 、 $c_s = 0.001$ 、 $c_T = 0.007$ 、 $c_D = 0.001$ 。将各参数的值代入 NN、TN、ND、TD 四个模型下的决策变量的解中，得到四种策略的决策结果(见表 2)。

Table 2. Optimal decisions and profits under NN, TN, ND, and TD strategies
表 2. NN、TN、ND、TD 策略下最优决策与利润

	p	q	π
NN	0.416	0.416	0.170856
TN	0.32	0.32	0.1802
ND	0.458	0.458	0.207564
TD	0.41	0.41	0.2939

由表 2 可以看出，制造企业在仅采取数据交易策略(TN)、仅采取数据外包策略(ND)、数据交易和数据外包组合策略(TD)情境下，均会提高企业收益，其中数据交易和数据外包组合策略(TD)情境下收益最高。

从最优决策来看，在 TN 策略和 TD 策略情境下，企业定价相较于 NN 策略有所降低，表明通过数据交易优化市场预测后，企业可通过降价策略扩大市场份额以提升收益；而在 ND 策略情境下，定价略高于 NN 策略，这取决于外包商高效的数据处理能力显著压缩了时效性损失，提升了数据价值转化效率，使得企业能够在不显著影响需求的情况下适度提高定价，从而通过成本节约和效率提升实现利润增长。

4.2. 相关系数影响分析

分析在 TN 策略下，产品行业市场数据量 d_2 对 TN-NN，TD-NN，TD-TN 下利润差的影响，如图 1 所示，当保留参数 d_2 时，取参数 $k = 0.5$ 、 $m = 0.005$ 、 $l_1 = 0.65$ 、 $l_2 = 0.6$ 、 $d_1 = 0.6$ 、 $\alpha_0 = 0.68$ 、 $\alpha_1 = 0.85$ 、 $n_1 = 0.62$ 、 $n_2 = 0.75$ 、 $c_s = 0.0015$ 、 $c_T = 0.026$ 、 $c_D = 0.0002$ 。

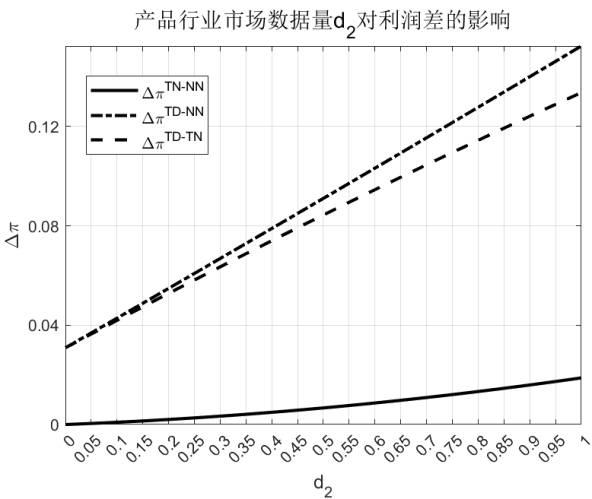


Figure 1. The influence of d_2 on $\Delta\pi^{TN-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-TN}$
图 1. d_2 对 $\Delta\pi^{TN-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-TN}$ 的影响

图 1 可知，随着 d_2 的增加， $\Delta\pi^{TN-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-TN}$ 均呈现上升趋势。但 TD 策略的利润在 d_2 突破

阈值后呈现加速增长, 显示出显著的协同效应。相比之下, TN 策略的利润提升幅度有限。当 d_2 较低时, TN 策略优于 TD 策略, 因为在有限数据下外包附加成本无法被能力溢价抵消; 当 d_2 较高时, TD 策略更优, 因为充足数据激发专业化处理能力 α_1 与交易数据 d_2 的协同价值。

因此, 企业应依据外部数据规模动态调整策略, 当数据量较低时, 采用单一数据交易策略, 以规避外包成本; 数据量超过阈值时, 则转向组合策略, 借助外包商的专业化能力实现“规模-效能”协同。同时, 企业需培育内部核心数据能力, 通过完善数据治理, 既能在交易策略下维持基础处理能力, 又能在组合策略中提升外包管理与协同效能。例如, 格力电器在智能制造升级中, 从初期自主分析交易数据, 到后期与阿里云合作处理海量数据, 实现了预测与供应链效率的跃升。

分析在 ND 策略下, 外包商的数据处理能力 α_1 对 ND-NN, TD-NN, TD-ND 下利润差的影响, 如图 2 所示, 当保留参数 α_1 时, 取参数 $k=0.5$ 、 $m=0.005$ 、 $l_1=0.6$ 、 $l_2=0.4$ 、 $d_1=0.25$ 、 $d_2=0.6$ 、 $n_1=0.6$ 、 $\alpha_0=0.7$ 、 $n_2=0.6$ 、 $c_s=0.03$ 、 $c_T=0.08$ 、 $c_D=0.001$ 。

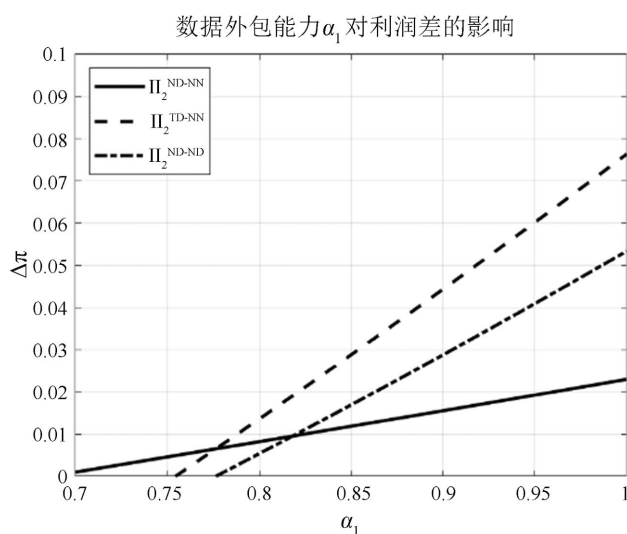


Figure 2. The influence of α_1 on $\Delta\pi^{ND-NN}$, $\Delta\pi^{TD-NN}$, $\Delta\pi^{TD-ND}$

图 2. α_1 对 $\Delta\pi^{ND-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-ND}$ 的影响

由图 2 可知, ND 策略的利润随着 α_1 增大呈上凸型增长, 当 α_1 超过阈值时, 其利润优势显著扩大。同时, $\Delta\pi^{ND-NN}$ 与 $\Delta\pi^{TD-NN}$ 图像存在一交点, 当 α_1 小于该交点时, ND 策略因能避免额外交易成本而占优; 当 α_1 大于该交点时, TD 策略则凭借高阶数据处理能力 α_1 与外部数据量 d_2 的协同效应实现更优收益。 $\Delta\pi^{ND-NN}$ 与 $\Delta\pi^{TD-ND}$ 图像存在一交点, 表明, 仅当 α_1 大于该交点时, TD 策略方能产生超额收益, 表示专业化处理对多源数据的深度价值挖掘得以实现。

因此, 企业应建立一种能力驱动的动态适配机制: 在内部能力不足时, 采用单一外包策略降低成本负担; 当外包商能力跨越第一阈值, 则通过组合策略激活内外部数据协同; 待能力突破第二阈值后, 进一步扩大数据交易规模, 以“专业化分析 + 多源数据”构建竞争优势。这一机制要求企业持续评估能力演进, 灵活调整合作模式与资源投入。

分析在 TN 策略下, 数据交易费用 c_T 对 TN-NN, TD-NN, TD-TN 下利润差的影响, 如图 3 所示, 当保留参数 c_T 时, 取参数 $k=0.5$ 、 $m=0.005$ 、 $l_1=0.65$ 、 $l_2=0.6$ 、 $d_1=0.6$ 、 $d_2=0.85$ 、 $\alpha_0=0.68$ 、 $\alpha_1=0.85$ 、 $n_1=0.62$ 、 $n_2=0.75$ 、 $c_s=0.0015$ 、 $c_D=0.0002$ 。分析在 ND 策略下, 数据外包费用 c_D 对 ND-NN, TD-

NN, TD-ND 下利润差的影响, 如图 4 所示, 当保留参数 c_D 时, 取参数 $k = 0.5$ 、 $m = 0.005$ 、 $l_1 = 0.6$ 、 $l_2 = 0.4$ 、 $d_1 = 0.25$ 、 $d_2 = 0.6$ 、 $\alpha_0 = 0.7$ 、 $\alpha_1 = 0.8$ 、 $n_1 = 0.6$ 、 $n_2 = 0.6$ 、 $c_S = 0.03$ 、 $c_T = 0.08$ 。

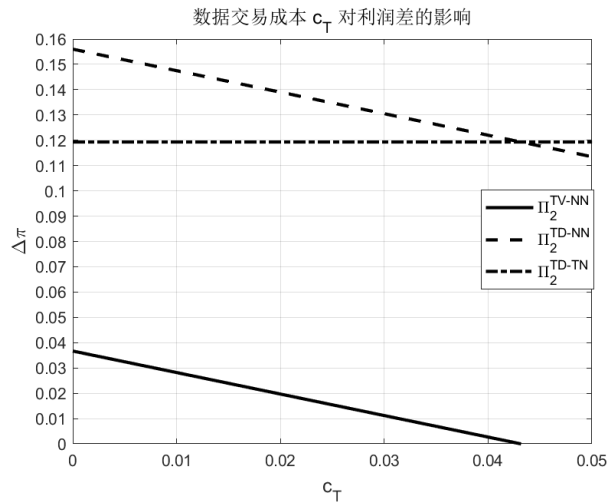


Figure 3. The influence of c_T on $\Delta\pi^{TN-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-ND}$

图 3. c_T 对 $\Delta\pi^{TN-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-ND}$ 的影响

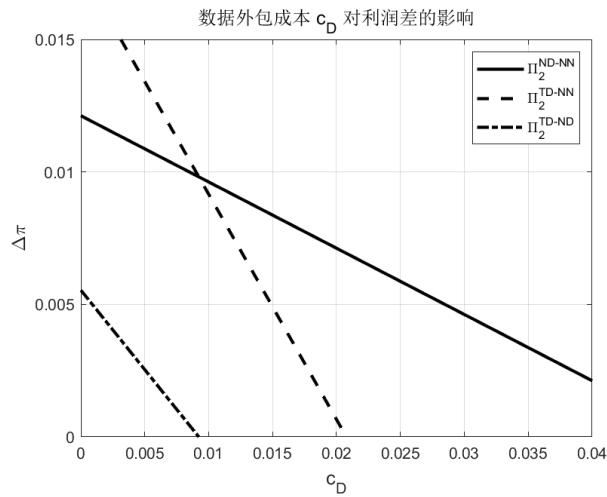


Figure 4. The influence of c_D on $\Delta\pi^{ND-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-ND}$

图 4. c_D 对 $\Delta\pi^{ND-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-NN}$ 、 $\Delta\pi^{TD-ND}$ 的影响

由图 3 可知, TN 策略的利润随 c_T 的增加线性速降, 表明交易成本直接削弱该模式的利润优势。与此同时, $\Delta\pi^{TD-NN}$ 随 c_T 的上升而增加, 反映出在高交易成本下, TD 策略相对 TN 策略的劣势有所减弱。 $\Delta\pi^{TD-NN}$ 与 $\Delta\pi^{TD-TN}$ 图像存在一交点, 当 c_T 小于该交点时, TN 策略更优, 表明低交易成本下外部数据获取的收益显著; 当 c_T 大于该交点时, TD 策略更优, 表明企业可依赖外包商的数据处理能力 α_1 转化数据价值, 以缓解高交易成本带来的负面影响。图 4 显示, ND 策略利润随着 c_D 的增加急剧下降, 印证外包成本是该模式的核心约束。TD 策略对成本叠加更为敏感, 其利润随 c_D 的上升下降最快。 $\Delta\pi^{TD-ND}$ 则表明在成本维度上 TD 策略始终劣于 ND 策略。 $\Delta\pi^{ND-NN}$ 与 $\Delta\pi^{TD-NN}$ 图像存在一交点, 当 c_D 小于该交点时, TD

策略通过数据交易量 d_2 实现协同收益而更优； c_D 大于该交点时，ND 策略更优，表明高外包成本下组合策略的附加交易收益无法覆盖其成本。

因此，当数据交易成本较低时，宜采用单一数据交易策略，以较低成本引入外部数据；若交易成本超过阈值，则应转向组合策略，依托外包提升数据转化效率，以协同收益弥补额外成本。若外包成本较低，可采用组合策略整合内外部数据以实现协同增效；若外包成本超过阈值，则应回归单一外包策略，聚焦内部数据价值挖掘，避免高成本双重投入。企业应依据内外部成本变动，动态调整数据资源配置与合作模式。

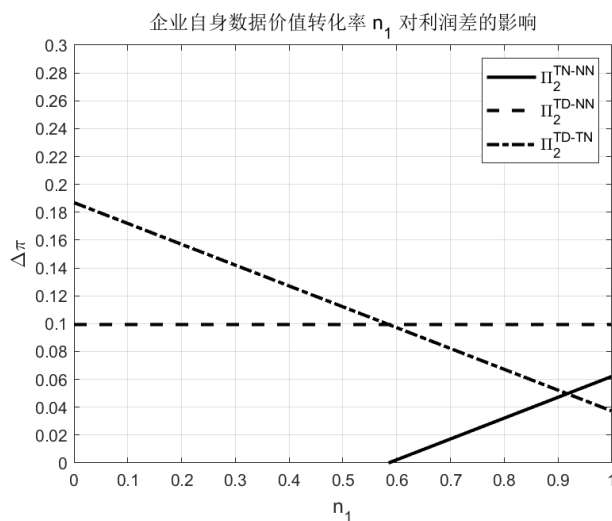


Figure 5. The influence of n_1 on $\Delta\pi^{TN-NN}$, $\Delta\pi^{TD-NN}$, $\Delta\pi^{TD-TN}$

图 5. n_1 对 $\Delta\pi^{TN-NN}$, $\Delta\pi^{TD-NN}$, $\Delta\pi^{TD-TN}$ 的影响

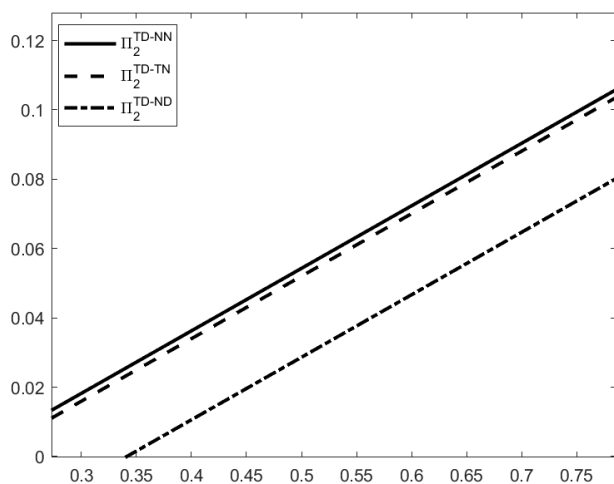


Figure 6. The influence of n_2 on $\Delta\pi^{TD-NN}$, $\Delta\pi^{TD-TN}$, $\Delta\pi^{TD-ND}$

图 6. n_2 对 $\Delta\pi^{TD-NN}$, $\Delta\pi^{TD-TN}$, $\Delta\pi^{TD-ND}$ 的影响

分析在 TN 策略下，制造企业自身对行业市场数据的实际价值转化率 n_1 对 TN-NN，TD-NN，TD-TN 下利润差的影响，如图 5 所示，当保留参数 n_1 时，取参数 $k = 0.5$ 、 $m = 0.005$ 、 $l_1 = 0.65$ 、 $l_2 = 0.55$ 、 $d_1 = 0.6$ 、

$d_2 = 0.8$ 、 $\alpha_0 = 0.68$ 、 $\alpha_1 = 0.82$ 、 $n_2 = 0.75$ 、 $c_s = 0.002$ 、 $c_T = 0.025$ 、 $c_D = 0.0003$ 。分析在 TD 策略下, 数据外包对行业市场数据的实际价值转化率 n_2 对 TD-NN, TD-TN, TD-ND 下利润差的影响, 如图 6 所示, 当保留参数 n_2 时, 取参数 $k = 0.5$ 、 $m = 0.005$ 、 $l_1 = 0.65$ 、 $l_2 = 0.55$ 、 $d_1 = 0.6$ 、 $d_2 = 0.8$ 、 $\alpha_1 = 0.82$ 、 $\alpha_0 = 0.68$ 、 $n_1 = 0.6$ 、 $c_s = 0.002$ 、 $c_T = 0.025$ 、 $c_D = 0.0003$ 。

由图 5 可知, 随着 n_1 的增大, TN 策略利润显著增长, 表明内部能力增强可有效放大所购数据价值; 而 TD 策略利润增长相对平缓, 反映出外包服务对内部能力贡献的替代效应。 $\Delta\pi^{TD-NN}$ 与 $\Delta\pi^{TD-TN}$ 存在一交点, 当 n_1 小于该交点时, 内部数据处理能力不足使得外包成本无法被覆盖, TN 策略更优; 当 n_1 大于该交点时, 应采用 TD 策略, 以外包商的高阶数据处理能力弥补内部处理短板。由图 6 可知, 随着 n_2 的增大, TD 策略利润同步增长, 印证了外包转化效能对组合策略的基础性支撑作用。

因此, 企业的数据策略应随其价值转化能力演进: 低转化率阶段宜采用单一数据交易, 控制成本并依赖有限能力进行基础转化; 能力突破阈值后应转向组合策略, 构建“内部基础 + 外部优化”的协同机制; 外包商能力持续提升时, 则可通过长期合作强化“数据 - 专业转化”协同, 引导内部资源聚焦核心业务, 提升利润稳定性。

5. 结语

本研究基于动态 Stackelberg 博弈模型, 聚焦制造企业在市场需求不确定性环境下的数据策略选择问题, 系统探讨了数据交易与数据外包的策略组合优化机制。通过构建传统策略(NN)、数据交易策略(TN)、数据外包策略(ND)及组合策略(TD)的均衡模型, 揭示了不同策略对企业定价决策与利润水平的影响机理, 核心结论如下: 数据交易策略的价值在于通过外部市场信息补充降低需求预测误差, 但其利润增益受交易成本严格约束, 过度采购或高成本交易反而会降低利润; 数据外包策略的有效性取决于外包商处理能力是否突破阈值, 当能力达标后, 效率提升可覆盖外包成本, 且该阈值随企业内部数据规模扩大而提高; 组合策略通过“外部数据获取 - 专业化处理”的协同链路, 在时效性损失可控、交易成本合理的前提下, 实现数据规模与处理效能的非线性叠加, 进而达成利润最大化。这些发现印证了数据要素配置中“资源 - 能力 - 成本”的动态平衡规律, 为破解制造企业“能力短板 + 需求波动”的双重约束提供了理论解释。

本研究的理论贡献主要体现在两个方面: 第一, 拓展了交易成本经济学的解释边界。研究表明, 在数据要素市场化配置中, 影响企业边界决策的不仅是传统的交易成本, 更包括数据本身的特殊性(如价值实现的协同性、时效性衰减)以及企业的内部数据转化能力。这为理解数字时代企业治理结构的演变提供了新的视角。第二, 丰富了资源基础观在数据驱动范式下的内涵。研究证实, 数据作为战略性资源, 其价值并非天然生成, 而是通过“数据处理能力”这一关键中间变量来激活和放大的。企业通过对数据交易(获取资源广度)与数据外包(获取处理深度)的策略组合进行优化, 实质上是构建和迭代其数据动态能力的过程, 从而为理解企业如何赢得可持续竞争优势提供了新的理论解释。

从管理启示来看, 本研究为制造企业数据策略选择提供了三方面实践指导: 其一, 建立数据交易成本的动态评估机制, 依据价值转化率设定成本阈值, 避免盲目采购; 其二, 以外包商处理能力阈值为核心指标选择合作方, 并随内部数据规模动态调整外包策略; 其三, 在组合策略中构建“时效性 - 成本”双控体系, 通过技术手段压缩延迟, 并以长期协议锁定成本, 充分释放协同效应。

本研究仍存在一定局限性: 一是采用线性价值转化假设, 未充分考虑规模报酬递减等非线性特征; 二是未量化数据安全与合规风险对策略的影响; 三是在单寡头市场假设下展开, 未涉及多主体竞争情境。未来研究可从以下方面拓展: 引入数据质量异质性, 探索多方数据联盟的协同治理; 建立“风险 - 收益”权衡模型, 量化隐私保护成本; 延伸至多寡头竞争场景, 分析策略互动与均衡演化, 进一步揭示复杂环境中数据要素的配置逻辑。

基金项目

国家自然科学基金面上资助项目(面向制造企业产品数据资产价值评估及定价策略研究, 72372060)。

参考文献

- [1] 谢地, 王荣基, 贺城. 数据要素市场化配置赋能企业新质生产力发展[J]. 经济学动态, 2025(5): 19-37.
- [2] 高园园, 洪钰栋, 陶宝平, 等. 复杂数据驱动下的质量检测、监测与运维技术研究综述[J/OL]. 中国管理科学: 1-16. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2024.1767>, 2025-02-06.
- [3] 陈丽莉, 张若琪, 戎珂. 数据要素赋能企业创新: 基于内外部资源视角[J]. 管理评论, 2024, 36(12): 15-25.
- [4] 夏正豪, 肖静华. 数据驱动企业-用户互动创新的情境价值研究——产品复杂性 with 竞争压力的调节作用[J]. 管理工程学报, 2025, 39(3): 13-27.
- [5] 蔡建湖, 蒋乐, 杨梦园, 等. 不对称信息下考虑风险的绿色供应链决策研究[J]. 系统工程理论与实践, 2024, 44(5): 1615-32.
- [6] 程中华, 韩乐乐, 李廉水. 数据交易对企业数字创新的影响研究[J]. 科研管理, 2025, 46(10): 31-39.
- [7] 温越, 吕本富, 张馨元, 等. 数据交易基础设施建设中政府规制与企业协同的博弈研究[J]. 管理评论, 2024, 36(6): 42-53.
- [8] Yu, Y., Yu, J., Wang, X., *et al.* (2024) Navigating the Data Trading Crossroads: An Interdisciplinary Survey. arXiv: 2407.11466.
- [9] 郭鑫鑫, 李倩茹, 王海燕, 等. 需求信息不对称下数据交易拍卖定价机制研究[J]. 运筹与管理, 2023, 32(11): 170-5.
- [10] 戴魁早, 王思曼, 黄姿. 数据交易平台建设如何影响企业全要素生产率[J]. 经济学动态, 2023(12): 58-75.
- [11] Xiong, C., Yu, Y. and Shen, X. (2025) Inventory Management for Maintenance Service Outsourcing: Should a Manufacturer Choose Full Outsourcing? *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **200**, Article ID: 104156. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104156>
- [12] Mazumder, S. and Garg, S. (2025) Digital Transformational Outsourcing: A Necessity Analysis of Service Provider Capabilities. *IIMB Management Review*, **37**, Article ID: 100571. <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2025.100571>
- [13] Sahoo, S., Islam, N., Kumar, A. and Mangla, S.K. (2025) Exploring Relationship between Digital Dexterity, Supply Chain Quality Management, Agility and Performance—Empirical Evidence from Indian B2B Manufacturers. *Industrial Marketing Management*, **127**, 44-61. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2025.03.008>
- [14] 刘东霞, 陈红. 产品服务供应链定价决策: 数据资源挖掘与共享策略的影响分析[J]. 中国管理科学, 2024, 32(2): 129-40.
- [15] 张灵, 冯科, 孙华平. 制造业企业数据价值释放: 效应与机制[J]. 系统工程理论与实践, 2024, 44(1): 68-85.
- [16] Dugger, W.M. (1987) The Economic Institutions of Capitalism. *Journal of Economic Issues*, **21**, 528-530. <https://doi.org/10.1080/00213624.1987.11504638>
- [17] Barney, J. (1991) Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, **17**, 99-120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- [18] 郑宝红, 倪培森, 薛安琪. 大数据应用对制造业企业市场竞争力的影响研究[J]. 管理学报, 2025, 22(1): 44-53.
- [19] Marchand, D.A., Kettinger, W.J. and Rollins, J.D. (2002) Information Orientation: The Link to Business Performance. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199252213.001.0001>
- [20] Li, C., Chen, Y. and Shang, Y. (2022) A Review of Industrial Big Data for Decision Making in Intelligent Manufacturing. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, **29**, Article ID: 101021. <https://doi.org/10.1016/j.jestech.2021.06.001>
- [21] 石纯来, 廖治通, 蒋玉石. 参考价格效应对双渠道中零售商信息共享策略的影响[J]. 管理评论, 2022, 34(4): 153-61.
- [22] 马利军, 陈秋婷, 杨帆捷, 等. 基于电商平台主导的需求信息共享及运营模式选择研究[J]. 管理工程学报, 2025, 39(3): 238-251.
- [23] 王今朝, 张潇扬, 窦一凡, 等. 数据要素的类别与定价: 基于经济模型分析[J]. 管理评论, 2024, 36(7): 3-11.
- [24] 席轩, 张玉林. 考虑数据优势的在线平台数据投资和定价决策[J/OL]. 中国管理科学: 1-15. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2024.0136>, 2024-07-08.