

数据安全与企业数字化：不完全契约视角

聂辉华¹, 王一兆²

(1. 中国人民大学 经济学院, 北京 100872; 2. 河北经贸大学 会计学院, 河北 石家庄 050061)

摘 要: 数字化已然成为当下企业生产经营的必选项, 而数据安全制约着企业的数字化进程。企业数字化可以被拆分为数字技术应用和数字技术与业务流程融合两个过程, 且数字化路径包括内部建设、部分外包和完全外包三种。此外, 数据泄露难以被第三方观测, 因而数据安全具有不可缔约性。基于上述特征事实和不完全契约理论框架的推导表明, 在数据安全成本较低时, 最优数字化路径是完全外包; 在专业化优势较低时, 最优数字化路径是内部建设; 在跨组织适应成本较低时, 最优数字化路径是部分外包。由此可见, 数字化水平最高的路径未必是企业最优数字化路径。进一步分析表明, 融资约束可能会改变最优数字化路径, 在融资约束极为严峻时, 完全外包成为最优数字化路径; 数字化失败风险并不改变主要结论。因此, 企业应重视数字化进程中的数据安全治理工作, 规避潜在的数据安全问题; 政府应完善相关法律法规, 推动企业数字技术和业务流程融合。

关键词: 数据安全; 企业数字化; 不完全契约

中图分类号: F49 文献标志码: A 文章编号: 1005-0892 (2025) 11-0003-15

DOI:10.13676/j.cnki.cn36-1030/f.20250609.001

一、引言

数字经济已经成为驱动中国经济增长的新引擎, 其增速持续高于国内生产总值增速。根据《中国数字经济发展研究报告 (2024 年)》, 中国数字经济持续稳步推进, 2023 年三次产业的数字化渗透率分别为 10.78%、25.03% 和 45.63%。然而, 在微观层面, 企业的数字化进程却面临着多重挑战, 诸多企业处于“不会转”“不能转”和“不敢转”的困境。这种宏观与微观割裂的特征, 折射出数字化从战略共识到实践落地的巨大鸿沟, 如何推动企业数字化进程成为当下亟待解决的重点问题。

在企业数字化的诸多制约因素中, 数据安全已然成为不可忽视的关键因素。埃森哲 2019 年发布的调查报告显示, 45% 的受访中小企业认为对数据安全的担忧是阻碍其数字化的最主要原因之一。一个代表性的案例是亚马逊使用独立电商的数据推出竞品。亚马逊在获取了独立电商的数据后, 通过分析其数据以筛选畅销品并在自营店中推出竞品, 给独立电商造成了严重的损失。由此可见, 数据安全问题可能使企业数字化的收益大幅降低, 从而阻碍企业数字化进程。因此, 厘清数据安全与企业数字化之间的关系, 对于理解并推进企业的数字化进程十分必要。

收稿日期: 2025-04-27 修返日期: 2025-06-23

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“数字经济对企业本质、边界和内部组织的重塑: 理论、经验和公共政策”(72273144); 国家“万人计划”哲学社会科学领军人才项目 (22VRC157); 北京市高校卓越青年科学家计划项目 (JWZQ20240202001)

作者简介: 聂辉华, 中国人民大学教授, 博士生导师, 经济学博士, 主要从事政企关系、企业理论和制度经济学研究; 王一兆 (通信作者), 河北经贸大学讲师, 经济学博士, 主要从事数字经济和组织经济学研究, 联系方式 yizhao_wang123@126.com。

本文尝试对这一问题做出回应，基于不完全契约理论构建数理模型，以阐明数据安全对企业数字化路径的影响逻辑。本文的数理模型基于如下两个特征事实：第一，企业数字化可以拆分为建设过程和适应过程；第二，企业数字化包括内部建设、部分外包和完全外包三条路径。企业数字化是指企业使用数字技术改变现有业务流程，其不仅包括数字技术的使用，还包括业务流程的适应性调整（Li 等，2016）。本文将数字技术的使用（如软件和硬件的建设）定义为建设过程，将业务流程的适应性调整定义为适应过程。在适应过程中，企业不可避免地使用数据，以有针对性地调整业务流程，因而当其他方接触到数据时，数据安全问题便产生了。此外，企业的数字化路径主要包括自建系统或应用、采用市场上标准化的工具、外包给第三方定制解决方案，本文将它们分别归纳为内部建设、部分外包和完全外包。三种路径的权衡是，内部建设的建设成本高，部分外包的适应成本高，完全外包存在较高的保障数据安全的成本。

由于数据泄露难以被第三方观察到，因而即便将数据泄露责任写入契约中，该项条款也难以执行，因此相关契约是不完全的。通过理论推导，本文发现：在数据安全成本较低时，最优数字化路径是完全外包；在专业化优势较低时，最优数字化路径是内部建设；在跨组织适应成本较低时，最优数字化路径是部分外包。数据安全问题使得完全外包的专业化优势被抵消，因而数据安全问题是中国企业数字化仍处于初步阶段的原因之一。此外，本文还发现数字化水平最高的路径未必是企业最优数字化路径。其背后的经济学逻辑是：其一，数据泄露导致企业收益“漏出”，降低了企业利润；其二，数字化的利润依赖于投资收益和投资成本，投资收益和投资成本同时增加，企业利润反而可能下降。

本文还考虑了融资约束和数字化失败风险对主要结论的影响。在融资约束极为严峻时，完全外包（收益共享契约）是最优数字化路径，且可实现最高数字化水平。在部分外包是最优路径的情形下，随着融资约束的缓解，完全外包（固定收益契约）以及部分外包都可能成为企业数字化的最优路径。本文还分析了数字化失败风险的影响，我们认为企业数字化失败的重要原因是适应失败，并且发现无论数字化失败风险是否内生决定，都不会改变主要结论。

与已有文献相比，本文的边际贡献包括如下几点。第一，本文将数据安全与企业数字化相联系，拓展了企业数字化动因的研究。既有文献分别讨论了企业内部和企业外部的数字化驱动因素（毛宁等，2022；陈泽艺和黄玉清，2023；刘锡禄等，2023；祝树金等，2023；申志轩等，2024；甄红线和郭东，2025）。这些研究往往将驱动因素视为外生给定，探讨这些因素如何影响企业的数字化水平。与之不同，本文探究数据安全对企业数字化战略的影响，不仅内生了数据安全决策，而且考虑了数字化过程中可能存在的企业互动。第二，本文讨论了数据安全在企业决策中的重要作用，将技术和知识产权泄露的影响研究逻辑延伸至数据安全这一新兴领域。技术和知识产权泄露会使企业丧失竞争优势，加剧市场竞争，最终导致企业收益降低（Baccara，2007；Lai 等，2008）。^①基于这一观点，学者分析了企业是否应该将创新过程外包以及模仿的竞争者应何时模仿等话题（Chakravarty，2020；Hu 等，2020）。本文在已有研究的基础上进一步拓展，将该逻辑延伸至数据安全领域，强调数据在企业运营中的重要地位。数据是信息和知识的载体，所以数据泄露既包括技术和知识产权的泄露，也包括生产计划等信息的泄露。因此，数据泄露对企业产生的影响与技术和知识产权泄露的影响具有相似性，也会导致企业竞争优势被削弱、市场竞争加剧。因此，本文拓展了技术和知识产权泄露的影响逻辑。

^①本文与 Lai 等（2008）相似，但是仍存在以下几点差异。第一，研究对象不同。本文关注的是数据泄露问题，既包括了他们讨论的知识产权泄露问题，也包括信息泄露问题，因而本文的研究范围更广泛。第二，关注的企业行为不同。本文关注的是在非生产过程中，数据泄露如何影响企业数字化的路径选择，而他们则讨论与生产直接相关的创新外包问题。第三，研究内容不同。本文除了讨论完全外包和内部建设之外，还讨论了数字化背景下的部分外包模式。

辑的应用范围，为数据安全治理的研究提供了新思路。第三，本文丰富了信息泄露文献。既有文献主要考察了供应链上的信息泄露，认为市场规模存在不确定性，采购信息反映了企业对市场需求的预测，因而采购信息泄露会影响市场竞争，最终导致企业利润降低（Li，2002；Zhang，2002；Li 和 Zhang，2008；Anand 和 Goyal，2009；Kong 等，2012；Chen 和 Özer，2019）。本文与之逻辑相似，但仍存在如下几点差异：第一，本文讨论的数据是与生产销售间接相关而非直接相关的数据；第二，本文强调数据泄露不可缔约导致的企业利润降低，而非企业之间的策略互动；第三，本文研究的数据泄露并非只发生在供应链上，而可能发生于任何企业与外界的合作过程中。

二、模型设定

（一）信息化、数字化和数字化转型

数字化转型需要经过信息化和数字化两个阶段（Verhoef 等，2021）。信息化是将信息编码为比特形式，以便计算机存储、处理和传输这些信息（Loebbecke 和 Picot，2015）。一般而言，信息化主要是将文件编码为易于存储的比特形式，但是不会改变价值创造活动。数字化是将数字技术应用于现有的业务流程，其描述了数字技术如何改变业务流程（Li 等，2016）。数字化通常会涉及新的技术结构和组织结构（Dougherty 和 Dunne，2012）。通过数字技术的使用，企业可以优化业务流程，使不同流程之间更加协调，也可以提升用户体验和客户价值。数字化转型是最终阶段，其描述了数字技术应用导致的全方位的企业变革（Pagani 和 Pardo，2017）。数字化转型通过建构新的商业逻辑和价值获取方式，为企业创造新的商业模式，帮助企业获得竞争优势。

总之，信息化是基础，数字化是数字技术应用和业务流程优化，而数字化转型是全面的商业变革。与数字化转型相比，数字化并未改变企业经营的根本逻辑，只是通过数字技术的应用以及业务流程的优化提高经营效率。本文研究的是企业数字化而非数字化转型，主要基于如下原因：第一，我国的企业数字化转型仍处于早期阶段（史宇鹏等，2021），大部分企业尚处于数字技术应用和业务流程优化的过程中，全面的商业变革仅发生在少数企业中；第二，商业模式变革大都是企业个体的决策，较少涉及企业之间的数据使用，因而数据安全问题几乎不会影响数字化转型。

（二）企业数字化

企业数字化不仅包括数字技术的应用，还包括业务流程的适应性调整（Li 等，2016）。因此，企业数字化应包括数字技术投入的建设过程以及业务流程调整的适应过程。企业作为一个综合系统，其内部的技术选择、组织结构及战略决策之间存在紧密的互补关系，各项决策相互影响，共同塑造企业的运作模式（Milgrom 和 Roberts，1990）。因此，企业的制度设计必须与数字技术相契合，以确保二者的协同。事实上，仅仅引入数字技术并不足以驱动企业利润的增长，只有在数字技术引入和适应性的制度变革同时发生之后，数字技术才能够真正提高企业利润（Brynjolfsson 等，2019）。换言之，若企业的组织架构、业务流程等未能随数字技术的引入而做出适应性的调整，数字技术的应用可能难以奏效，甚至可能导致数字化失败。

以通用电气的数字化为例，该公司曾尝试通过工业互联网平台 Predix 来融合数字技术与多项业务。然而，由于并非所有业务领域都能与数字技术顺利对接，通用电气的数字化最终不得不局限于医疗、能源和航天三个领域。^①这一案例深刻揭示了适应过程在企业数字化中的重要地位：仅数字技术应用并不是完整的数字化，只有在数字技术和与之相适应的业务流程融合后，企业数字化才能成功，从而提升企业效率。

① “数字化转型失败，美国通用电气暴露了哪些问题”，参考：<https://www.huxiu.com/article/236794.html>。

为了阐明数字化的适应过程可能存在的数据安全问题, 本文将企业数字化与数据使用相联系。首先, 企业内部数据构成了企业运行状况的全面镜像, 例如生产设备的运维记录、客户回访记录等。通过对全部或部分数据的使用, 企业能够更加深入了解各部门的运行情况, 为适应数字技术提供支持。其次, 数据在技术选择上为企业提供了巨大的支持 (Farboddi 等, 2019), 这有助于企业选择与自身最匹配的数字技术。由此可见, 企业数字化的适应过程与企业数据使用息息相关, 因而将数据使用纳入数字化中与实践相符。数据的使用促进了数字技术与业务流程融合, 数据的使用越多, 数字技术与业务流程的融合度越高, 企业数字化水平越高。

基于上述分析, 本文假定企业的数字化函数为:

$$y = \xi d^{\alpha} x^{1-\alpha} \quad (1)$$

其中, y 表示企业的数字化水平; d 表示数据使用量, 反映企业数字化的适应过程; x 表示企业的数字技术投入, 例如软件和硬件投入以及数字人力资本投入, 反映企业数字化的建设过程; $\alpha \in (0, 1)$ 反映数据使用在企业数字化进程中的重要性; $\xi = \alpha^{-\alpha} (1-\alpha)^{-(1-\alpha)}$ 是对生产函数的标准化。该函数的一个隐含假设是企业数字化未必覆盖企业的所有部门。数据使用量可以理解为企业有多少业务流程进行了数字化, 数据使用量越多, 则企业数字化的业务流程越多。为了简便, 本文假定企业数字化的数据使用量不会超过企业所拥有的全部数据, 从而避免模型可能存在的角点解。当然, 这一设定与中国数字化实践相符——尽管大部分企业都意识到数字化的重要性, 并且对其持有积极态度, 但是中国企业的数字化仍处于初步阶段 (史宇鹏等, 2021)。

企业积极推进数字化的重要原因是数字化能够提高企业的效率和收益 (金星晔等, 2024)。本文假定企业数字化带来的收益为:

$$R = y^{\beta} \quad (2)$$

其中, R 表示企业数字化带来的收益; $\beta \in (0, 1)$ 反映了收益对数字化水平的弹性, 这一设定体现了企业数字化的收益是边际递减的。

(三) 数字化的成本

全国工商联经济服务部等机构联合发布的《2022 中国民营企业数字化转型调研报告》指出, 企业数字化路径主要有三个: 自建系统或应用 (29.44%)、外包给第三方定制解决方案 (24.27%) 和采用市场上标准化的工具 (45.49%)。^① 本文将这三种数字化路径分别归纳为内部建设、完全外包和部分外包, 图 1 描述了三种路径的优势和劣势, 并阐明了路径选择面临的权衡。

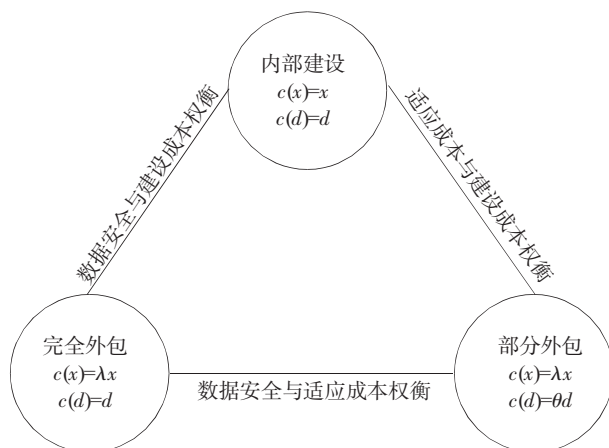


图 1 三种数字化路径比较

^① 其他路径占比仅为 0.8%，比例极低，在现实中几乎不会发生，本文在后续讨论中未分析这种路径。

对于内部建设，建设过程和适应过程都发生在企业内部，不存在数据泄露问题。假定企业的建设成本和适应成本分别为 x 和 d 。

对于完全外包，建设过程和适应过程都发生在企业外部，企业需要承担数据安全成本。因为数据泄露仅契约双方可见，难以被第三方观测到，从而契约难以被执行（聂辉华等，2022）。Tirole（1999）认为导致契约不完全的三个原因分别是难以预测未来所有可能的情况、将未来所有情况写入契约的成本过高以及交易结果对第三方不可见。数据泄露明显属于第三种情况，这意味着完全外包的相关契约是不完全的。因此，完全外包可能存在两种情形：其一，无数据泄露，企业需要向合作者支付防止数据泄露的成本；其二，数据泄露发生，企业承担额外的数据泄露损失。本文假定若发生数据泄露，企业收益降低到 δR ($0 < \delta < 1$)，而合作方将获得私人收益 $B = \gamma(1 - \delta)R$ ($0 < \gamma < 1$)。^① δ 刻画了数据泄露给企业造成的损失， γ 则刻画了合作方从数据泄露事件中获得的私人收益的大小。参考 Lai 等（2008），本文假定企业向合作方提供一份契约 (μ, m) ， $\mu \in [0, 1]$ 表示企业向合作方提供的收益分享份额， m 表示固定支付部分。^②此外，本文假定建设成本和适应成本分别为 λx ($0 < \lambda < 1$) 和 d ，这一设定体现了完全外包在数字技术建设上的专业化优势。对于部分外包，本文假定建设成本和适应成本分别为 λx 和 θd ($\theta > 1$)，这体现了部分外包的专业化优势和适应劣势。部分外包之所以适应成本更高，主要原因是建设过程和适应过程分离。部分外包的建设过程是直接购买标准化产品，而后由企业进行适应性调整。这种跨组织的适应往往需要更高的成本，因为企业不仅需要承担软硬件与业务流程相融合的成本，还需要花费额外的精力了解软硬件的特征以及解决软硬件可能与企业系统不匹配等问题。此外，建设过程和适应过程的分离使得企业在数字化中的灵活性降低，所使用的数字技术与业务流程的契合度降低，企业不得不进行更多的适应性调整以使数字技术与业务流程融合。

基于上述设定，本文认为三种数字化路径面临的优势和劣势分别为：内部建设可以保障数据安全，但是建设成本更高；完全外包建设成本更低，但是企业需要承担保障数据安全的成本；部分外包可以保障数据安全，但是适应成本更高。

（四）博弈时序

本文假定企业不存在任何融资约束，且信息完全对称，除数据泄露不可缔约之外，其余所有行动都是可缔约的。博弈时序如下。

在时点 0，企业选择数字化路径，即内部建设、完全外包或部分外包。

在时点 1，企业决定数字化水平以及建设过程和适应过程的投入。

在时点 2，企业如果完全外包，则向合作方提供一份契约，并向对方开放数据使用权限；企业如果部分外包，则向合作方购买数字技术。

在时点 3，合作方获得数据并决定是否泄露数据。

在时点 4，数字化实现，企业向合作方支付报酬（如果企业选择完全外包或部分外包）。

对博弈时序中提及的部分行动，需要说明其在现实中的具体含义。在完全外包模式中，企业如何向合作方开放数据呢？一种可能是，企业收集与整理数据，并将最终形成的信息向合作方开放；另一种可能是，合作方到企业收集数据，并完成后续的数据整理工作，企业通过限制数据收集范围确定适应过程的投入。由于信息完全对称并且可缔约，因此两种数据开放方式在本文的设定中无差异。

^①这一设定意味着数据泄露总会导致双方的福利降低，而非增加。这是因为数据泄露可能激化产品市场竞争，导致企业的总利润降低（Hu 等，2020）。

^②固定支付部分可能为正，也可能为负。固定支付为负可以理解为合作方向企业支付罚金。

三、数字化路径

(一) 社会最优

作为比较基准,本文首先考虑社会最优模式(记为FB)。在这种模式中,企业不存在数据安全问题,并且可以充分利用专业化优势。企业的目标函数为:

$$\max_{d,x} \pi_{FB} = y_{FB}^{\beta} - \lambda x - d \quad (3)$$

通过求解最优化问题,可以得到:

$$\begin{cases} y_{FB} = (\lambda^{\alpha-1} \beta)^{\frac{1}{1-\beta}} \\ x_{FB} = (1-\alpha) \lambda^{-\alpha} y_{FB} \\ d_{FB} = \alpha \lambda^{1-\alpha} y_{FB} \\ \pi_{FB} = y_{FB}^{\beta} (1-\beta) \end{cases} \quad (4)$$

社会最优的要素投入比为 $x_{FB}/d_{FB} = (1-\alpha)/(\lambda\alpha)$, 它反映了企业数字技术使用强度和企业数字化范围的最优情况。

(二) 内部建设

在内部建设路径中(记为IH),企业数字化的建设过程以及适应过程都发生在企业内部,不存在数据泄露问题。部分企业可能并不具备内部数字化的能力,但其可以通过招聘对应的数字化人才来提高这种能力,因而所有企业都可以通过内部建设实现数字化。内部建设路径在企业中并不罕见,例如华为公司自研企业资源计划(ERP)系统。^①内部建设路径中企业的目标函数为:

$$\max_{x,d} \pi_{IH} = R - x - d \quad (5)$$

通过求解最优化问题,可以得到:

$$\begin{cases} y_{IH} = \beta^{\frac{1}{1-\beta}} \\ x_{IH} = (1-\alpha) y_{IH} \\ d_{IH} = \alpha y_{IH} \\ \pi_{IH} = y_{IH}^{\beta} (1-\beta) \end{cases} \quad (6)$$

内部建设路径的要素投入比为 $x_{IH}/d_{IH} = (1-\alpha)/\alpha$, 与社会最优模式相比降低了。这意味着在内部建设路径中,企业更加看重数字技术的应用范围,而非应用强度,即使用数字技术的范围更广,但是数字技术应用强度更低。

(三) 完全外包

在完全外包路径中,企业需要承担保障数据安全的成本。在本文的设定中,企业提供的契约存在两种类型,即固定收益契约($\mu=0$)和收益共享契约($\mu \in [0, 1]$)。这两种类型的契约在现实中都存在,有报道发现,传统信息技术(IT)外包模式将会持续,但是IT服务外包的收益共享模式持续升温。^②由此可见,本文讨论的数字化完全外包路径中的两种类型的契约都有现实对应。本文借鉴Lai

① “华为宣布成功实现MetaERP研发和替换,重新定义企业核心商业系统”,参考: <https://www.huawei.com/cn/news/2023/4/metaerp-press-release>。

② “IT外包趋势的七热七冷”,参考: <https://cioage.com/article/707796.html>。

等 (2008) 的研究方法, 讨论企业数字化完全外包路径可能的均衡。

基于本文的设定, 合作方的收益 $V(\mu, m)$ 为:

$$V(\mu, m) = \begin{cases} \mu R + m, & \text{如果不泄露数据} \\ \mu \delta R + m + B, & \text{如果泄露数据} \end{cases} \quad (7)$$

在本文的设定中, 合作双方是信息对称的, 且仅数据泄露不可缔约。所以无论合作方在数字化中投入多少, 这些成本最终都由企业承担, 因此合作方的收益中并不包括企业数字化的投入成本。如果合作方不泄露数据, 则有 $\mu R + m \geq \mu \delta R + m + B$, 这意味着 $\mu \geq \gamma$ 。因此, 合作方的收益为:

$$V(\mu, m) = \begin{cases} \mu R + m, & \mu \geq \gamma \\ \mu \delta R + m + B, & \mu < \gamma \end{cases} \quad (8)$$

企业的收益为:

$$\pi(\mu, m) = \begin{cases} (1-\mu)R - \lambda x - d - m, & \mu \geq \gamma \\ \delta(1-\mu)R - \lambda x - d - m, & \mu < \gamma \end{cases} \quad (9)$$

假定合作方的外部选择权为 0, 则企业完全外包面临的目标函数为:

$$\max_{\mu, m} \pi(\mu, m), \text{ s.t. } V(\mu, m) = 0 \quad (10)$$

通过对等利润线 $\pi(\mu, m)$ 和无差异曲线 $V(\mu, m)$ 的分析, 可以得到二者具有如下特征: (1) 等利润线在 $\mu = \gamma$ 处不连续, 而无差异曲线在 $\mu = \gamma$ 处连续; (2) 等利润线和无差异曲线在 $\mu \in (0, \gamma)$ 内更加陡峭, 即 $|d\mu/dm|$ 更大; (3) 等利润线比无差异曲线更加陡峭。基于此, 本文得到了如下引理:

完全外包路径存在两种可能的契约, 即固定收益契约 ($\mu = 0$) 和收益共享契约 ($\mu = \gamma$)。固定收益契约在均衡时存在数据泄露, 而收益共享契约在均衡时无数据泄露。

因此, 企业的收益可以重写为:

$$\pi(\mu, m) = \begin{cases} (1-\mu)R - \lambda x - d - m, & \mu = \gamma \\ \delta R - \lambda x - d - m, & \mu = 0 \end{cases} \quad (11)$$

1. 固定收益契约路径

在固定收益契约路径中 (记为 DL), 合作方通过数据泄露获得私人收益, 并且获得企业支付的固定收益。由于企业数字化水平的确定发生在契约设计之前, 因而在确定数字化水平时, 企业将视 μ 和 m 为参数。因此, 企业在确定数字化水平时面临的目标函数为:

$$\max_{d, x} \pi_{DL} = \delta R - \lambda x - d - m \quad (12)$$

企业通过固定收益部分 $m = -B$ 收割合作方的剩余, 由此可以得到:

$$\begin{cases} y_{DL} = (\delta \lambda^{\alpha-1} \beta)^{\frac{1}{1-\beta}} \\ x_{DL} = (1-\alpha) \lambda^{-\alpha} y_{DL} \\ d_{DL} = \alpha \lambda^{1-\alpha} y_{DL} \\ \pi_{DL} = y_{DL} [\delta + \gamma(1-\delta) - \delta \beta] \end{cases} \quad (13)$$

在这种路径中, 企业获得的收益为 $[\delta + \gamma(1-\delta) - \delta \beta] R_{DL}$, 这反映了数据泄露给企业造成了损失。一方面, 数据泄露导致企业的投资收益降低, 从而产出偏离了社会最优状态; 另一方面, 数据泄露会使得企业与合作者获得收益总份额低于 1——一种可能的解释是, 数据泄露导致市场竞争加剧, 部分收益被让渡给了消费者。

2. 收益共享契约路径

在收益共享契约路径中（记为 LP），企业向合作方支付了足够高的收益份额，超过了数据泄露获得的私人收益，从而合作方不会泄露数据。与固定收益契约路径相似，企业在确定数字化水平时，应将 μ 和 m 视为参数。在这种路径中，企业面临的目标函数为：

$$\max_{d, x} \pi_{LP} = (1-\gamma)R - \lambda x - d - m \quad (14)$$

企业通过固定收益部分 $m = -\gamma R$ 收割合作方的剩余，由此可以得到：

$$\begin{cases} y_{LP} = [(1-\gamma)\lambda^{-\alpha}\beta]^{-\frac{1}{1-\beta}} \\ x_{LP} = (1-\alpha)\lambda^{-\alpha} y_{LP} \\ d_{LP} = \alpha\lambda^{1-\alpha} y_{LP} \\ \pi_{LP} = y_{LP}^{\beta} [1 - (1-\gamma)\beta] \end{cases} \quad (15)$$

在这种路径中，由于不存在数据泄露，企业的利润不会被让渡给消费者，因而企业可以获得全部收益份额。此外，与社会最优模式相比，要素投入比 $x_{DL}/d_{DL} = x_{LP}/d_{LP} = x_{FB}/d_{FB}$ 相同，这意味着固定收益契约路径和收益共享契约路径的数字化范围和数字技术应用强度相比于社会最优模式同比例缩小。

（四）部分外包

在部分外包路径中（记为 PO），企业从外部市场购买数字产品，而后在企业内部进行适应性调整，不存在数据安全问题。^①企业面临的目标函数为：

$$\max_{x, d} \pi_{PO} = y^{\beta} - \lambda x - \theta d \quad (16)$$

通过求解最优化问题，可以得到：

$$\begin{cases} y_{PO} = (\theta^{-\alpha} \lambda^{-\alpha-1} \beta)^{-\frac{1}{1-\beta}} \\ x_{PO} = (1-\alpha) \left(\frac{\lambda}{\theta} \right)^{-\alpha} y_{PO} \\ d_{PO} = \alpha \left(\frac{\lambda}{\theta} \right)^{1-\alpha} y_{PO} \\ \pi_{PO} = y_{PO}^{\beta} (1-\beta) \end{cases} \quad (17)$$

与社会最优模式相比，此时企业的投资收益并未发生改变，只是适应过程的成本增加使得企业的投入降低。此外，要素投入比 $x_{PO}/d_{PO} > x_{FB}/d_{FB}$ ，这意味着企业的数字化范围更窄，而数字技术应用强度更高。

四、模型均衡

（一）比较分析

通过比较固定收益契约和收益共享契约两种路径，本文得到如下命题 1。

（1）若 $\delta < 1-\gamma$ ，则 $y_{LP} > y_{DL}$ ；若 $\delta > 1-\gamma$ ，则 $y_{LP} < y_{DL}$ 。

^①这一设定与已有文献的设定存在较大的差异，例如 Chakravarty（2020）认为部分外包是将部分核心环节外包，仍可能存在数据泄露问题，只是泄露的比例降低了。然而，在本文的话题中，企业只是购买了标准化的数字产品，不会产生任何的数据泄露问题。

(2) 若 $\delta^{\frac{\beta}{1-\beta}} [\delta(1-\beta) + \gamma(1-\delta)] - (1-\gamma)^{\frac{\beta}{1-\beta}} [1-(1-\gamma)\beta] > 0$, 则企业数字化选择固定收益契约路径; 反之, 企业数字化选择收益共享契约路径。

命题 1 的第一部分比较了完全外包模式中两种路径的数字化水平, 第二部分说明了完全外包的最优路径选择。第一部分的经济逻辑是, 数字化水平依赖于投资收益的大小。 δ 反映了在数据泄露情况下企业的收益, $1-\gamma$ 反映了在收益共享契约下企业的收益, 二者是两种不同路径下企业数字化的收益。显然, 在投资收益更大的路径中, 企业的数字化水平更高。对于第二部分, 情况变得复杂, 企业不仅需要考虑投资收益, 还需要考虑收益“漏出”。固定收益契约路径的部分收益“漏出”给了消费者, 使其收益份额低于收益共享契约。因而, 只有在固定收益契约的投资收益远高于收益共享契约时, 固定收益契约才可能是最优契约类型。

从两种路径的比较中容易看出: 若 $\delta \rightarrow 0$, 则固定收益契约路径更优; 若 $\gamma \rightarrow 0$, 则收益共享契约路径更优。前者对应着数据泄露几乎不存在损失, 一种可能的情景是企业处于竞争足够激烈的市场中, 企业的利润已经很低, 数据泄露对于市场竞争程度几乎不存在影响, 因而对企业的利润也几乎无影响。后者对应着防止数据泄露几乎不需要成本, 一种可能的情景是合作方处于相对成熟的信息市场中, 随着信息市场竞争变得更加激烈, 数据提供商通过信息获取的利润会降低。^①

通过比较部分外包与内部建设两种路径, 本文得到了命题 2: 若 $\theta < \lambda^{1-1/\alpha}$, 则部分外包路径的数字化水平和企业利润均高于内部建设路径。

命题 2 比较了内部建设和部分外包两种路径, 二者的差别仅在于建设成本和适应成本。因此, 若跨组织适应成本较高, 即部分外包的适应成本较高, 则内部建设优于部分外包; 若部分外包的专业化优势足够大, 即部分外包的建设成本较低, 则部分外包优于内部建设。此外, 随着 α 的增加, 即适应过程在数字化中的重要性增加, 内部建设更可能优于部分外包。这是因为, 随着适应过程的重要性增加, 企业在适应过程中的投入份额也会随之增加, 因而适应成本差异导致的数字化水平和利润差异愈加凸显。

通过比较完全外包与部分外包两种路径, 本文得到了如下命题 3。

(1) 若 $1-\gamma > \theta^{-\alpha}$, 则 $y_{LP} > y_{PO}$; 反之, 则 $y_{LP} < y_{PO}$; 若 $\delta > \theta^{-\alpha}$, 则 $y_{DL} > y_{PO}$; 反之, 则 $y_{DL} < y_{PO}$ 。

(2) 若 $(1-\gamma)^{\frac{\beta}{1-\beta}} \theta^{\frac{\alpha\beta}{1-\beta}} [1-(1-\gamma)\beta] - (1-\beta) > 0$, 则企业选择完全外包模式中的收益共享契约路径; 反之, 选择部分外包路径。

(3) 若 $\delta^{\frac{\beta}{1-\beta}} \theta^{\frac{\alpha\beta}{1-\beta}} [\delta + \gamma(1-\delta) - \delta\beta] - (1-\beta) > 0$, 则企业选择完全外包模式中的固定收益契约路径; 反之, 选择部分外包路径。

命题 3 的第一部分比较了完全外包模式中的两种路径和部分外包模式的数字化水平。可以看到, 只要 $\theta^{-\alpha} > \max[\delta, 1-\gamma]$, 则部分外包模式的数字化水平更高。这一结果反映了不同路径的投资收益和投资成本的差异——在完全外包路径中, 由于数据安全问题, 数字化的投资收益降低; 在部分外包路径中, 更高的适应成本导致数字化的边际成本增加。因此, 只要边际成本的增加幅度低于投资收益的降低幅度, 则部分外包路径的数字化水平更高。命题 3 的第二、第三部分则给出了完全外包和部分外包路径的选择条件。在数据安全成本较高时 (δ 或 $1-\gamma$ 较小), 部分外包路径更优; 在跨组织适应成本较高时 (θ 较大), 完全外包路径更优。此外, 在适应过程不重要时 (α 较小), 无论对于数字化水平

^①Bergemann 等 (2018) 发现垄断的信息中介可以通过信息设计的方式获取企业的全部利润。但是, 随着信息市场竞争变得激烈, 信息中介也可能相互竞争, 从而主动降低价格以吸引更多客户 (Sarvary 和 Parker, 1997)。

还是企业利润，部分外包路径都优于完全外包路径。

通过比较完全外包与内部建设两种路径，本文得到了如下命题 4。

- (1) 若 $1-\gamma > \lambda^{1-\alpha}$ ，则 $y_{LP} > y_{IH}$ ；反之，则 $y_{LP} < y_{IH}$ ；若 $\delta > \lambda^{1-\alpha}$ ，则 $y_{DL} > y_{IH}$ ；反之，则 $y_{DL} < y_{IH}$ 。
- (2) 若 $(1-\gamma)^{\frac{\beta}{1-\beta}} [1-(1-\gamma)\beta] - \lambda^{\frac{\beta(1-\alpha)}{1-\beta}} (1-\beta) > 0$ ，则企业选择完全外包模式中的收益共享契约路径；反之，选择内部建设路径。
- (3) 若 $\delta^{\frac{\beta}{1-\beta}} [\delta + \gamma(1-\delta) - \delta\beta] - \lambda^{\frac{\beta(1-\alpha)}{1-\beta}} (1-\beta) > 0$ ，则企业选择完全外包模式中的固定收益契约路径；反之，选择内部建设路径。

命题 4 比较了完全外包路径和内部建设路径的数字化水平和企业利润。可以看到，对于数字化水平，只要 $\lambda^{1-\alpha} > \max\{\delta, 1-\gamma\}$ ，则内部建设优于完全外包。其背后的经济学逻辑是数据安全导致的投资收益增加与建设成本增加幅度之间的比较。对于企业利润（数字化路径选择），企业需要考虑数据安全成本和建设成本之间的权衡——如果数据安全成本较高，则内部建设路径更优；如果专业化优势较大，则完全外包路径更优。

综合命题 2 至命题 4，我们可以得到企业数字化路径的决策条件：如果数据安全成本较低，则完全外包是最优路径；如果专业化带来的建设成本优势较小，则内部建设是最优路径；如果跨组织适应较容易，即部分外包的适应成本较低，则部分外包是最优路径。

最后，本文通过比较不同参数条件下的数字化水平，得到了命题 5：数字化水平最高的路径未必是企业最优的数字化路径。

命题 5 揭示了数字化水平与企业利润之间并不是完全的正相关关系，企业选择的最优数字化路径可能偏离最高数字化水平。其背后的经济学逻辑是：其一，数据泄露导致企业收益“漏出”，降低了企业利润；其二，数字化利润依赖于投资收益和投资成本，投资收益和投资成本同时增加，企业利润可能反而下降。命题 5 的结论对于解释中国企业数字化仍处于初步阶段具有重要意义。企业数字化水平不高不仅是因为数据安全导致投资收益和投资成本的扭曲，还是企业理性决策的结果。企业总是选择利润最高的数字化路径，这种理性决策导致企业可能拒绝了数字化水平更高的路径。

(二) 数值模拟

为了直观地展示上述的结论，本文提供了上述结论的数值模拟结果。在命题 2 中，本文发现，只要 $\theta < \lambda^{1-1/\alpha}$ ，则部分外包路径的数字化水平和企业利润均高于内部建设路径。因此，在 $(1-\gamma, \delta)$ 坐标系中，内部建设和部分外包只有其一出现在坐标系中。假定 $\alpha=\beta=0.5$ ，各种参数条件下的数字化水平和最优数字化路径如图 2 所示，横坐标反映了企业防止数据泄露的成本，纵坐标反映了数据泄露给企业造成的损失。图 2 (a) 和图 2 (b) 模拟了在不同参数条件下数字化水平最高的路径，图 2 (c) 和图 2 (d) 模拟了不同参数条件下企业利润最大的路径。由图 2 (a) 和图 2 (b) 可以看出，只有当数据泄露的损失较小 (δ 较大) 或防止数据泄露的成本较低 ($1-\gamma$ 较大) 时，完全外包才可能是数字化水平最高的路径；在本文给定参数的条件下，与内部建设路径相比，部分外包路径是最高数字化路径的可能性更大。^①由图 2 (c) 和图 2 (d) 可以看出，只有在数据安全成本较高时 (δ 较小且 $1-\gamma$ 较小)，部分外包或内部建设才可能成为企业数字化的最优路径。结合四幅图容易看出，数字化水平最高的路径未必是最优数字化路径，二者的不一致主要发生在 $1-\gamma$ 和 δ 都适中时。

^①这一结果可以推广到任意的 $\theta \in (1, 2)$ 且 $\lambda=0.5$ ，这是因为随着 θ 增加，部分外包模式的边际成本不断提高，从而其对应的数字化水平在不断降低，因而部分外包是数字化水平最高路径的对应的范围在不断缩小，直到部分外包与内部建设无差异，部分外包为数字化水平最高路径的范围达到最小。

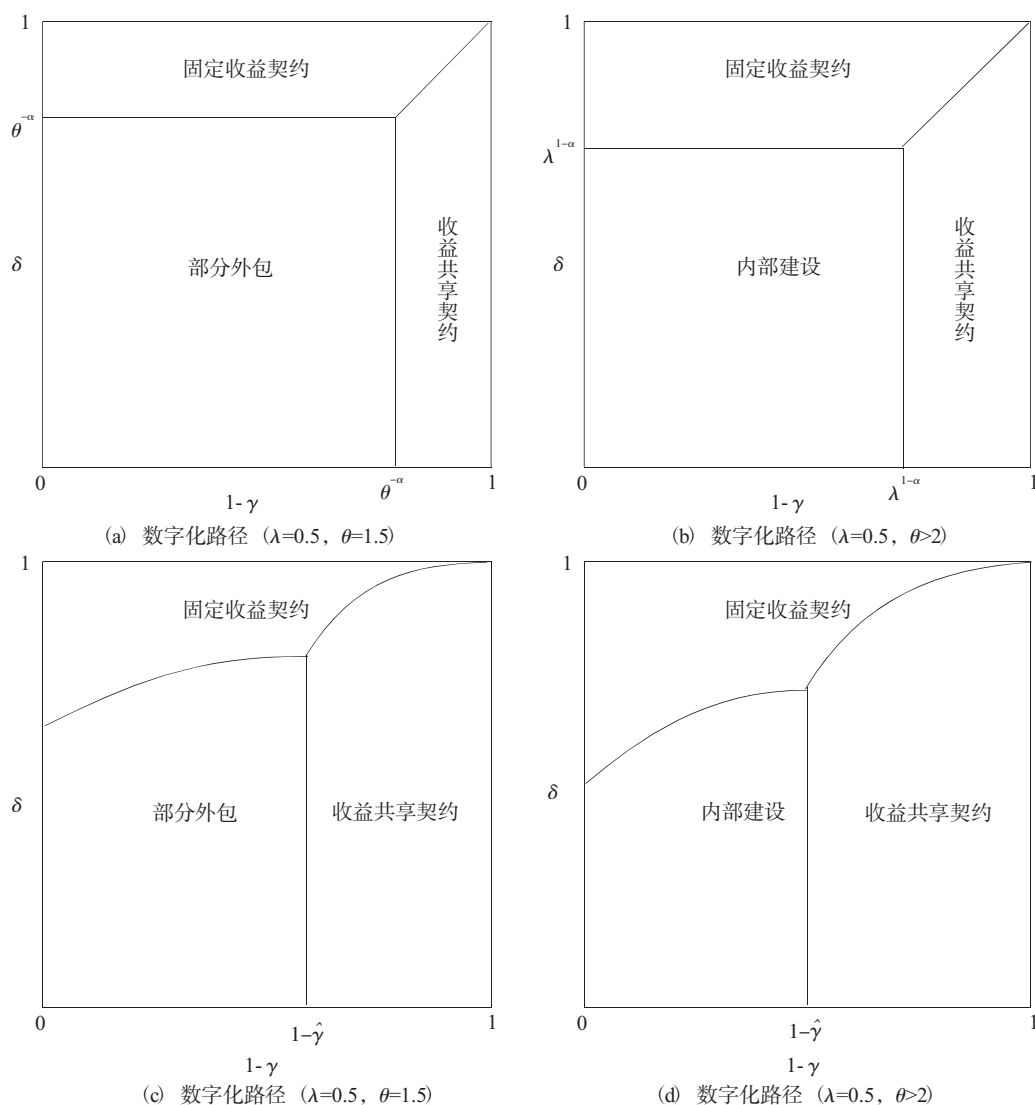


图2 数值模拟^①

五、拓展与讨论

(一) 融资约束

在基准模型中，为了阐明数据安全在企业数字化中的作用机制，本文假设企业不存在融资约束。事实上，相当多的企业在数字化进程中都面临融资约束问题（陈泽艺和黄玉清，2023），如《2022 中国民营企业数字化转型调研报告》显示，68.3%的民营企业面临资金不足问题，导致企业数字化投入不足。为使本文的模型与现实更贴近，本节考虑了企业可能存在的融资约束问题。

假定企业用于数字化的预算为 I ，并且记不同数字化路径下的成本为 $C_i, i \in \{IH, DL, LP, PO\}$ 。由于企业数字化生产函数是柯布一道格拉斯型的，所以在给定投资成本时，两种要素的最优投入比不会发生变化。因此，考虑融资约束时，企业各种要素的投入比为：

① (1) 在 $\lambda=0.5$ 的条件下，只要 $\theta>2$ ，内部建设路径总是优于部分外包路径，从而 θ 不会影响企业的最优数字化路径选择；(2) 在图2 (c) 和图2 (d) 中， $1-\hat{\gamma}$ 分别表示命题3第二部分和命题4第二部分恰好为0的条件。

$$\begin{cases} \frac{d_{DL}}{x_{DL}} = \frac{d_{LP}}{x_{LP}} = \frac{\lambda\alpha}{1-\alpha} \\ \frac{d_{PO}}{x_{PO}} = \frac{\lambda\alpha}{\theta(1-\alpha)} \\ \frac{d_{IH}}{x_{IH}} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \end{cases} \quad (18)$$

容易看出,在企业面临的融资约束极为严峻时 ($I \leq \min\{C_i\}$),完全外包路径的数字化水平最高。然而,由于固定收益契约路径下数据泄露导致一部分收益“漏出”,因此最优的数字化路径是收益共享契约。这一结论与王化成等(2025)的研究结论一致,即企业在资源和能力不足的情况下会通过外包获取数字技术。

然而,这一结论与现实并不完全相符。大部分企业选择在市场购买标准化的数字技术,这意味着对大多数企业而言,最优的数字化路径是部分外包而非收益共享契约。理论与现实出现差异的原因可能是,企业数字化面临的融资约束并不严峻,即企业数字化的预算可以满足某些路径的成本。为了与现实情况更加贴近,本文考虑在 $C_{LP} < C_{DL} < C_{IH} < C_{PO}$, $y_{LP} < y_{DL} < y_{IH} < y_{PO}$ 和 $\pi_{LP} < \pi_{DL} < \pi_{IH} < \pi_{PO}$ 情况下,企业最优的数字化水平和数字化路径选择,结果如图3所示。

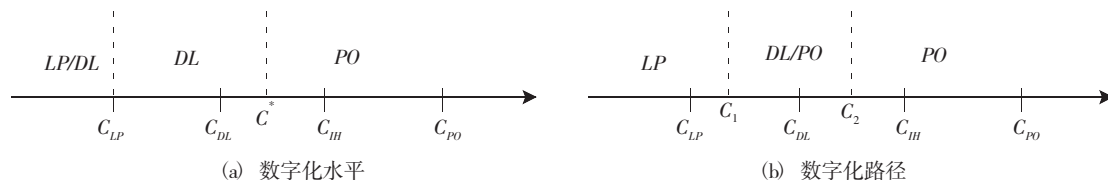


图3 融资约束下的企业数字化^①

图3(a)描述了随着融资约束的缓解,企业数字化水平最高的路径。在融资约束较为严峻时,数字化水平最高的路径是完全外包;随着融资约束缓解,数字化水平最高的路径变成部分外包。值得注意的是,在 $I \leq C_{LP}$ 时,数字化水平最高的路径是固定收益契约或收益共享契约;而当 $I \in (C_{LP}, C^*]$ 时,数字化水平最高的路径是固定收益契约。这是因为可用资金超过了收益共享契约的数字化投入,收益共享契约的数字化水平不再增加,而固定收益契约的数字化水平仍可以增加。图3(b)描述了随着融资约束缓解,企业数字化的最优路径。在融资约束严峻时,企业的最优数字化路径为完全外包模式中的收益共享契约;随着融资约束缓解,企业的最优路径可能是部分外包,也可能先是完全外包模式中的固定收益契约,而后是部分外包。其原因是,固定收益契约存在数据泄露,企业部分收益“漏出”,因而只有当“漏出”收益较少时,固定收益契约才可能出现在最优数字化路径中。因此,在给定的条件下,即使存在融资约束,部分外包仍可能成为企业的最优选择。这一发现似乎与王化成等(2025)的观点不同,他们认为在资金充裕时,企业会更加倾向于内部建设。然而,他们只比较了完全外包和内部建设两种路径,忽视了可能存在的第三种数字化路径——部分外包。事实上,如果在上述分析中假定内部建设优于部分外包,其他条件不变,则本文也能得到类似的结论。

(二) 数字化失败风险

在基准模型部分,本文并未考虑数字化失败的可能性。然而,在现实中,企业数字化失败是常

^① 图3(a)中 $C^* \in (C_{DL}, C_{IH})$ 表示固定收益契约与部分外包数字化水平相同的总成本;图3(b)中 $C_1 \in (C_{LP}, C_{DL})$ 表示固定收益契约和收益共享契约无差异的总成本或收益共享契约与部分外包无差异的总成本, $C_2 \in (C_{DL}, C_{IH})$ 表示固定收益契约与部分外包无差异的总成本。

态。麦肯锡的调查报告显示，超过 80% 的企业的数字化转型是失败的。^①为此，本文将数字化失败风险纳入模型，分析其对基准模型结论的影响。

若数字化失败的概率完全依赖于企业自身的特征，例如，高管背景、企业所处的政策环境等，即企业数字化失败的概率完全外生，则基准模型的主要结论不会发生变化。在这种情况下，所有路径中的投资收益会同比例降低，但其他条件并未发生变化，因此基准模型的主要结论不变，只是数字化水平和企业利润降低。

若数字化失败风险可以由企业内生改变，则情况有所不同。企业数字化失败的原因可能是适应失败，例如，通用电气公司数字化失败的原因之一是数字技术与业务流程融合失败。假定企业数字化失败时的收益为 0，数字化成功则获得基准模型中的收益，数字化成功的概率为 $0 < p(d) < 1$ ，且满足 $p'(d) > 0$ 和 $p''(d) \leq 0$ 。此时，企业的收益变成 $p(d)R$ ，适应过程在数字化收益中的重要性提高，而建设过程的重要性降低。与基准模型相比，内生数字化失败风险只是改变了适应过程和建设过程的相对权重，基准模型的主要结论不会发生变化。

六、结论与政策建议

数据安全已然成为企业数字化不得不面临的一个重大挑战。本文基于不完全契约理论，构建数理模型以探究数据安全制约企业数字化进程的逻辑。本文将企业数字化拆分为建设过程和适应过程，即数字技术应用和数字技术与业务流程相融合两个过程，并识别出企业可能采取的三种数字化路径：内部建设、部分外包和完全外包。通过理论推导，本文发现，在数据安全成本较低时，最优数字化路径是完全外包；在专业化优势较低时，最优数字化路径是内部建设；在跨组织适应成本较低时，最优数字化路径是部分外包。数字化水平最高的路径未必是最优数字化路径。此外，本文还考虑了融资约束和数字化失败风险的影响。本文发现，融资约束会改变企业的最优数字化路径，而数字化失败风险并不改变主要结论。基于上述研究，本文提出如下政策建议。

第一，企业应深刻认识到数字化并不仅仅是数字技术的应用，还包括数字技术与业务流程的深度融合，忽视后者可能导致数字化失败。因此，在数字化进程中，企业应该重视数实融合，在数字技术与业务流程的融合上投入更多精力，以确保数字化能够真正提高企业效率和竞争力。此外，企业还可以建立合适的制度，如跨部门沟通和协作机制，促进业务部门和数字化部门知识和信息的流通，更好地实现数实融合。

第二，企业应强化数字化进程中的数据安全治理，并建立有效的数据安全评估和控制体系。数据安全制约着企业的数字化进程，并且降低了数字化收益。因此，企业必须强化数字化进程中的数据安全治理意识，将数据安全治理纳入数字化战略中，提高对数据安全风险的认知和重视程度。企业应结合自身数据特性、技术能力和融资约束程度，选择最优数字化路径。对于数据安全要求极高的企业，如涉及大量敏感数据的金融、医疗企业，应选择内部建设或部分外包路径，以确保数据安全；对数据安全要求较低的企业，则可以优先选择完全外包路径，以实现更有效率的结果。此外，企业还需要建立有效的数据安全评估和控制体系，定期评估数字化进程中的数据安全风险，并有针对性地采取防护措施，尽可能避免潜在的数据安全风险。

第三，政府应充分发挥规范和引导作用，推动企业数字化有序进行。相关部门应加快完善企业数据安全相关的法律法规，为企业数据使用营造可信赖的数据流通环境，降低数字化进程中的数据安全风险。例如，相关部门可以推出针对企业间涉及数据使用合作的安全标准和操作指南，明确在数据使

^① “Unlocking success in digital transformations”, October 2018. 来源: <http://www.mckinsey.com>。

用过程中的权责分配,尤其是数据泄露的责任归属,从而降低企业间数据合作的安全风险。此外,相关部门还应加大对企业数字化的支持力度,鼓励并协助企业关注数字技术和业务流程融合,推动企业数字化进程。例如,政府可以成立数字化服务平台,提供数字化咨询和培训服务,以及推动行业间数字化经验共享,为企业提供多方位的数字化支持。

参考文献:

- 陈泽艺,黄玉清. 连锁股东对企业数字化转型的影响[J]. 当代财经, 2023, (11): 93-105.
- 金星晔,左从江,方明月,等. 企业数字化转型的测度难题: 基于大语言模型的新方法与新发现[J]. 经济研究, 2024, (3): 34-53.
- 刘锡禄,陈志军,马鹏程. 信息技术背景 CEO 与企业数字化转型[J]. 中国软科学, 2023, (1): 134-144.
- 毛宁,孙伟增,杨运杰,等. 交通基础设施建设与企业数字化转型——以中国高速铁路为例的实证研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, (10): 47-67.
- 聂辉华,王一兆,李靖. 数据安全、组织边界与自主创新战略[J]. 社会科学, 2022, (12): 109-118.
- 申志轩,祝树金,文茜,等. 政府数字采购与企业数字化转型[J]. 数量经济技术经济研究, 2024, (5): 71-91.
- 史宇鹏,王阳,张文韬. 我国企业数字化转型: 现状、问题与展望[J]. 经济学家, 2021, (12): 90-97.
- 王化成,赵一茗,孙昌玲. 核心竞争力与企业数字创新效率——基于自主研发视角[J]. 学术研究, 2025, (4): 80-88+2+178.
- 甄红线,郭东. 城投平台入股与企业数字化转型——基于资源效应与治理效应的双重视角[J]. 当代财经, 2025, (3): 154-164.
- 祝树金,申志轩,文茜,等. 经济政策不确定性与企业数字化战略: 效应与机制[J]. 数量经济技术经济研究, 2023, (5): 24-45.
- Anand K S, Goyal M. Strategic information management under leakage in a supply chain[J]. Management Science, 2009, 55(3): 438-452.
- Baccara M. Outsourcing, information leakage, and consulting firms[J]. The RAND Journal of Economics, 2007, 38: 269-289.
- Bergemann D, Bonatti A, Smolin A. The design and price of information[J]. American Economic Review, 2018, 108(1): 1-48.
- Brynjolfsson E, Rock D, Syverson C. Artificial intelligence and the modern productivity paradox: A clash of expectations and statistics[M]// Agrawal A, Gans J, Goldfarb A. The economics of artificial intelligence: An agenda. Chicago: University of Chicago Press, 2019.
- Chakravarty A K. The outsourcing conundrum: Misappropriation of intellectual property in supply chains [J]. Naval Research Logistics, 2020, 68(2): 229-240.
- Chen Y, Özer. Supply chain contracts that prevent information leakage [J]. Management Science, 2019, 65 (12): 5619-5650.
- Dougherty D, Dunne D D. Digital science and knowledge boundaries in complex innovation[J]. Organization Science, 2012, 23(5): 1467-1484.
- Farboodi M, Mihet R, Philippon T, et al. Big data and firm dynamics[J]. AEA Papers and Proceedings, 2019, 109: 38-42.
- Hu B, Mai Y K, Peke S. Managing innovation spillover in outsourcing[J]. Production and Operations Management, 2020, 29(10): 2252-2267.
- Kong G W, Rajagopalan S, Zhang H. Revenue sharing and information leakage in a supply chain [J]. Management Science, 2012, 59(3): 556-572.
- Lai E L, Riezman R, Wang P. Outsourcing of innovation[J]. Economic Theory, 2008, 38(3): 485-515.
- Li L. Information sharing in a supply chain with horizontal competition[J]. Management Science, 2002, 48(9): 1196-1212.
- Li L, Zhang H T. Confidentiality and information sharing in supply chain coordination[J]. Management Science, 2008, 54 (8): 1467-1481.

- Li F, Nucciarelli A, Roden S, et al. How smart cities transform operations models: A new research agenda for operations management in the digital economy[J]. *Production Planning & Control*, 2016, 27(6): 514–528.
- Loebbecke C, Picot A. Reflections on societal and business model transformation arising from digitization and big data analytics: A research agenda[J]. *Journal of Strategic Information Systems*, 2015, 24(3): 149–157.
- Milgrom P, Roberts J. The economics of modern manufacturing: Technology, strategy, and organization[J]. *American Economic Review*, 1990, 80(3): 511–528.
- Pagani M, Pardo C. The impact of digital technology on relationships in a business network[J]. *Industrial Marketing Management*, 2017, 67: 185–192.
- Sarvary M, Parker P M. Marketing information: A competitive analysis[J]. *Marketing Science*, 1997, 16(1): 24–38.
- Tirole J. Incomplete contracts: Where do we stand?[J]. *Econometrica*, 1999, 67(4): 741–781.
- Verhoef P C, Broekhuizen T, Bart Y, et al. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda[J]. *Journal of Business Research*, 2021, 122: 889–901.
- Zhang H T. Vertical information exchange in a supply chain with duopoly retailers[J]. *Production and Operations Management*, 2002, 11(4): 531–546.

Data Security and Corporate Digitalization: From the Perspective of Incomplete Contracts

Nie Hui-hua¹, Wang Yi-zhao²

(1. Renmin University of China, Beijing 100872;

2. Hebei University of Economics and Business, Shijiazhuang 050061, China)

Abstract: Digitalization has become an essential option for enterprises in their production and operations today, while data security constrains the digitalization process. Enterprise digitalization can be divided into two stages: the application of digital technologies and the integration of digital technologies with business processes. The digitalization pathways include three models: internal development, partial outsourcing, and full outsourcing. Moreover, data breaches are difficult for third parties to observe, rendering data security inherently unenforceable. Based on the above characteristics and the theoretical framework of incomplete contracts, it is derived that when data security costs are low, the optimal digitalization path is full outsourcing; when specialized advantages are low, the optimal digitalization path is internal development; and when cross-organizational adaptation costs are low, the optimal digitalization path is partial outsourcing. It is evident that the path with the highest digitalization level is not necessarily the optimal digitalization path for enterprises. Further analysis reveals that financing constraints may alter the optimal digitalization path, where full outsourcing becomes the optimal choice under severe financing constraints. The risk of digitalization failure does not undermine the main conclusions. Therefore, enterprises should prioritize data security governance during the digitalization process to avoid potential data security issues, while governments should improve relevant laws and regulations to promote the integration of digital technology and business processes in enterprises.

Key words: data security; enterprise digitalization; incomplete contracts

责任编辑：王俊杰