

分类号: F272

密 级: 公开

学校代码: 10363

学 号: 2220720119



安徽工程大学

Anhui Polytechnic University

硕士学位论文

题目 不同市场结构下考虑区块链投资的
平台供应链决策研究

论 文 作 者 高心雨

指 导 教 师 桂云苗 教授

学 科 (专 业) 管理科学与工程

研 究 方 向 平台供应链管理

论文提交日期: 2025 年 5 月 14 日

分类号: F272

单位代码: 10363

密 级: 公开

学 号: 2220720119

题 目 不同市场结构下考虑区块链投资的平台供应链决策研究

英文并列

题 目 **Research on Platform Supply Chain Decision
Making Considering Blockchain Investment
under Different Market Structures**

学生姓名: 高心雨

指导教师: 桂云苗 教授

专 业: 管理科学与工程

研究方向: 平台供应链管理

论文答辩日期: 2025 年 5 月 14 日

安徽工程大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：我恪守学术道德，崇尚严谨学风。所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已明确注明和引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品及成果的内容。论文为本人亲自撰写，我对所写的内容负责，并完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：高以明

日期：2025 年 5 月 14 日

安徽工程大学学位论文版权使用授权书

学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅或借阅。本人授权安徽工程大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

保密 ☐，在 _____ 年解密后适用本版权书。

本学位论文属于

不保密 ☒。

学位论文作者签名：



指导教师签名：



日期：2025 年 5 月 14 日

日期：2025 年 5 月 14 日

不同市场结构下考虑区块链投资的平台供应链决策研究

摘 要

近年来,以互联网为载体的平台经济呈现爆发式增长,这种新型经济形态不仅重塑传统商业模式,更催生平台供应链这一创新组织形式。区别于传统供应链,平台供应链重在构建的双边市场,这种结构具有典型的网络外部性特征,这种特征影响平台供应链的决策机制。此外,伴随数字经济与多边平台的深度融合,平台供应链已成为现代商业生态系统的核心载体。平台供应链面临着一些挑战:一方面,平台作为信息中介具有信息操纵的可能性,导致消费者难以验证信息的真实性;另一方面,由于涉及多方利益相关者,平台供应链系统呈现出高度复杂性,这使得信息共享机制难以有效建立。针对这些问题,区块链技术凭借其去中心化、不可篡改、可追溯等技术特性,为解决平台供应链中信息不对称和信任缺失等问题提供了新的技术路径。

基于此,本研究聚焦平台供应链的决策研究,深入探讨垄断、供应商竞争、平台竞合等不同市场结构下的区块链技术对平台供应链的影响,为平台供应链的决策和区块链技术应用提供理论依据和实践指导。因此,本文通过对平台供应链、区块链技术等相关文献的归纳分析的基础之上,主要围绕以下三个方面展开研究:

(1) 垄断情形下考虑区块链投资的平台供应链决策研究

通过构建基于 Stackelberg 模型，探讨垄断情形下考虑区块链技术投资对平台供应链定价和利润影响，得出以下研究结论：与不投资区块链相比，投资区块链技术后，消费者对产品检真时间和伪劣品的敏感系数减小，产品的批发价格、销售价格和需求都增大；当区块链技术成本小于某一阈值时，考虑区块链投资时平台供应链成员利润高于不考虑区块链投资的利润。

（2）供应商竞争情形下考虑区块链投资的平台供应链决策研究

基于区块链技术投资的不同场景，构建不考虑区块链投资、两方合作投资和三方合作投资的三种决策模型，通过分析模型的均衡结果，得出以下结论：考虑区块链投资后的产品定价需求均增加；考虑区块链投资后平台利润大于不投资时利润；当两方合作投资区块链时，不变的供应商很会进行“搭便车”行为，这种行为导致他们产品的定价和利润增加；与两方合作投资区块链相比三方合作投资区块链技术为最佳情况，两个供应商可相互搭便车，为三方创造双赢的局面；需要注意的是，供应商与平台合作投资区块链技术时，应注意与合作相关的成本。

（3）平台竞合情形下考虑区块链投资的平台供应链决策研究

构建由一个供应商和两个不同规模的平台组成的平台供应链，研究区块链技术对平台供应链决策的影响。基于平台是否投资区块链和平台间是否实施竞合策略的不同场景下构建四种决策模型。通过分析模型的均衡结果，得出以下结论：区块链投资对大小平台定价的影响与竞合策略相关，不同情形下定价策略不同，但区块链投资对供应商

批发价格影响恒定，随着投资增加而减小；当成本小于一定阈值时，大平台愿意投资区块链，大平台投资区块链并不利于小平台和供应商的发展；当收益共享率处于特定范围时，平台愿意实施竞合策略；值得注意的是，区块链提高了平台实施竞合策略的门槛。

关键词：平台供应链，区块链技术，不同市场结构，网络外部性

Research on Platform Supply Chain Decision Making Considering Blockchain Investment under Different Market Structures

ABSTRACT

In recent years, the platform economy, which serves as a vehicle for the internet, experiences explosive growth. This new economic form not only reshapes traditional business models but also gives rise to the innovative organizational structure of platform supply chains. Unlike traditional supply chains, platform supply chains focus on constructing a bilateral market, a structure characterized by typical network externalities that influence the decision-making mechanisms of platform supply chains. Moreover, with the deep integration of the digital economy and multi-sided platforms, platform supply chains become the core carriers of modern business ecosystems.

Platform supply chains face several challenges under different market structures: on one hand, as information intermediaries, platforms possess the potential for information manipulation, making it difficult for consumers to verify the authenticity of information; on the other hand, due to the involvement of multiple stakeholders, the platform supply

chain system exhibits high complexity, which hinders the effective establishment of information-sharing mechanisms. To address these issues, blockchain technology, with its decentralized, immutable, and traceable characteristics, provides a new technological pathway for solving problems of information asymmetry and trust deficit within platform supply chains.

Based on this context, the current research focuses on the decision-making in platform supply chains, thoroughly exploring the impact of blockchain technology on platform supply chains under various market structures, such as monopoly, supplier competition, and platform co-competition. This study aims to provide theoretical foundations and practical guidance for decision-making in platform supply chains and the application of blockchain technology. Therefore, this paper conducts research primarily around the following three aspects:

(1) Research on Platform Supply Chain Decisions Considering Blockchain Investment under Monopoly: By constructing a model based on the Stackelberg framework, this study investigates the effects of blockchain technology investment on platform supply chain pricing and profits in a monopolistic context. The findings indicate that, compared to not investing in blockchain, investing in blockchain technology reduces consumers' sensitivity to the verification time of products and counterfeit goods, resulting in increased wholesale prices, retail prices, and demand

for products. Additionally, when the cost of blockchain technology is below a certain threshold, the profits of platform supply chain members considering blockchain investment exceed those of members that do not consider such investment.

(2) Research on Platform Supply Chain Decisions Considering Blockchain Investment under Supplier Competition: This aspect develops three decision models—specifically one not considering blockchain investment, one involving dyadic investment, and one involving triadic cooperation investment—based on different scenarios of blockchain technology investment. The analysis of the equilibrium results yields the following conclusions: product pricing demand increases after considering blockchain investment; platform profits are higher when blockchain is considered than when it is not; when two parties cooperate to invest in blockchain, immutable suppliers may engage in “free-rider” behavior, leading to increased pricing and profits for their products; triadic cooperation in blockchain investment is superior to dyadic cooperation, as both suppliers can mutually benefit, resulting in a win-win situation for all three parties; it is important to note that suppliers should consider the costs associated with cooperation when investing in blockchain technology with the platform.

(3) Research on Platform Supply Chain Decisions Considering Blockchain Investment under Platform Co-opetition: This aspect

constructs a platform supply chain that includes one supplier and two platforms of different scales to study the influence of blockchain technology on platform supply chain decisions. Four decision models are built based on whether the platforms invest in blockchain and whether they implement co-opetition strategies. The analysis of the equilibrium results leads to several conclusions: the impact of blockchain investment on the pricing of large and small platforms is related to the co-opetition strategy, as different scenarios entail different pricing strategies; however, the effect of blockchain investment on the wholesale prices for suppliers remains constant and decreases with increased investment; when the cost is below a certain threshold, large platforms are willing to invest in blockchain, though this investment does not favor the development of small platforms and suppliers; when the revenue-sharing ratio is within a specific range, platforms are willing to implement co-opetition strategies; notably, blockchain raises the threshold for platforms to engage in such co-opetition strategies.

Author: Gao Xinyu (school of economics and management)

Supervised by: Professor Gui Yunmiao

KEY WORDS: Platform supply chains, blockchain technology, Different market structures, Network externalities

目 录

摘 要.....	I
ABSTRACT.....	IV
目 录.....	VIII
第 1 章 绪论.....	1
1.1 研究背景及意义.....	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	2
1.2 研究内容和创新点.....	3
1.2.1 研究内容.....	3
1.2.2 创新点.....	5
1.3 研究方法和技术路线.....	6
1.3.1 研究方法.....	6
1.3.2 技术路线.....	6
第 2 章 相关概念与研究现状.....	9
2.1 平台供应链.....	9
2.2 双边市场.....	10
2.3 区块链技术.....	11
2.4 文献述评.....	12
第 3 章 垄断情形下考虑区块链投资的平台供应链决策研究.....	14
3.1 问题描述与相关假设.....	14
3.2 模型构建与均衡分析.....	16
3.2.1 不考虑区块链投资.....	16
3.2.2 考虑区块链投资.....	17
3.3 关键参数对决策影响分析.....	19
3.3.1 区块链对决策影响分析.....	19
3.3.2 网络外部性对决策影响分析.....	21

3.4 比较分析.....	22
3.4.1 价格比较分析.....	22
3.4.2 利润比较分析.....	23
3.5 供应链协调.....	24
3.6 本章小结.....	25
3.6.1 主要结论.....	25
3.6.2 管理启示.....	25
第 4 章 供应商竞争情形下考虑区块链投资的平台供应链决策研究.....	27
4.1 问题描述与相关假设.....	27
4.2 模型构建与均衡分析.....	29
4.2.1 不考虑区块链投资.....	30
4.2.2 考虑区块链投资.....	31
4.3 关键参数对决策影响分析.....	32
4.3.1 区块链对决策影响分析.....	32
4.3.2 竞争强度对决策影响分析.....	33
4.3.3 网络外部性对决策影响分析.....	33
4.4 比较分析.....	34
4.4.1 价格比较分析.....	34
4.4.2 投资量比较分析.....	37
4.4.3 利润比较分析.....	38
4.5 本章小结.....	40
4.5.1 主要结论.....	41
4.5.2 管理启示.....	41
第 5 章 平台竞合情形下考虑区块链投资的平台供应链决策研究.....	42
5.1 问题描述与相关假设.....	42
5.2 模型构建与均衡分析.....	44
5.2.1 不考虑区块链投资.....	44
5.2.2 考虑区块链投资.....	47
5.3 关键参数对决策影响分析.....	49

5.3.1 区块链对决策影响分析.....	49
5.3.2 竞合对决策影响分析.....	52
5.4 比较分析.....	54
5.4.1 价格比较分析.....	54
5.4.2 利润比较分析.....	55
5.5 本章小结.....	58
5.5.1 主要结论.....	58
5.5.2 管理启示.....	59
第 6 章 总结与展望	60
6.1 研究结论.....	60
6.2 研究展望.....	61
参考文献	63
附录	70
附录 1 第三章证明.....	70
附录 2 第四章证明.....	72
附录 3 第五章证明.....	80
攻读硕士学位期间发表或录用的学术论文与参与的科研项目经历	85
发表或录用的学术论文.....	85
参与科研项目	85
致谢	86

第1章 绪论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

随着互联网技术的进步，网络购物平台的重要性日益凸显。国家统计局的数据显示，2023 年上半年中国网络零售额达到 7.16 万亿，同比增长 13.1%。其中，实体商品网上销售额为 6.06 万亿，增长 10.8%，占社会消费品零售总额的 26.6%^[1]。零售额的持续增长生动地说明了平台经济的发展与活力。平台经济的快速发展促使政府越加注重平台供应链的构建。平台供应链是指由上游供应商、中介平台和下游消费者组成的供应链^[2]。中介平台拥有双边市场结构，促进上游供应商和下游消费者之间的联系。双边市场的决定性特征之一是网络外部性，消费者在平台上购买商品时，他们不仅从购买的服务中获得效用，而且还从平台上更大用户群的额外好处中获得效用^[3]。因此，下游消费者的数量随着平台消费者群的扩大而增加，这反过来又推动了供应链内部上游供应商的产品需求。例如，商家在美团和饿了么等外卖平台上产生的订单量可以吸引更多消费者，这不仅是因他们自身服务的改进，还因客户之间会相互推荐。销售过程中产生的这种网络外部性是导致供应链利润增长的重要因素。因此，网络外部性对于平台供应链的决策策略至关重要。

随着数字经济与全球化进程的加速，平台供应链逐渐成为企业整合资源、提升效率的核心模式。平台供应链通过连接制造商、供应商、零售商及消费者，形成多方协同的生态系统。然而，不同市场结构（如垄断、寡头竞争、完全竞争等）下的平台供应链面临一些挑战。不同市场结构平台供应链的各企业间相互合作使得供应链的交易过程中交叉的企业多、涉及的环节多、跨域的地域广，进而使商品的相关数据信息在流转的过程难以记录和储存。同时，平台供应链中的节点企业为了追求各自利益的最大化，往往信息不能及时准确地在供应链中流转，并且信息从供应链的开始到结束都在不断地转变，呈几何倍数增长。随着大量信息的增发，企业和消费者无法判断数据的真伪。在这样的低透明度和信息被高度控制

的情况下，成员之间的信任下降，并进一步降低了供应链的运作效率。由于现实环境的复杂性以及现有技术的局限性，平台供应链面临这些的困境显得有些乏力。因此，需要一种新的技术解决方案来改变平台供应链中的欺诈、信息滞后，差错率高的现状。

区块链作为一种分布式账本技术，同时也是分布式的数据库^[4]。凭借着哈希算法、非对称加密、共识机制、智能合约以及数字签名等底层技术，在不信任的网络中重塑信任元素，让全网的所有成员参与其中，并保证数据永不篡改，在信任的基础上实现了数据的高效流转。区块链的特点与平台供应链的痛点不谋而合，将区块链技术引入供应链中，将有效解决平台供应链中难点问题，这意味着在整个供应链中发生的每笔批准的交易都将记录在不可篡改的证据环境中，任何恶意更改信息的企图都是显而易见的。在区块链技术体系下，供应链的各个节点企业即是业务的参与者，又是业务的监督者，并与其他节点企业实时收集、监督和共享信息，提高了企业间的透明度，从而提升了平台供应链的效率。例如：IBM 区块链助力沃尔玛记录每一个供应商的每一笔交易环节，形成全程数字化追踪供应链。区块链技术通过增强信息透明度和信任机制，成为优化平台供应链的关键工具。

针对不同市场结构下平台供应链运营中现实存在的问题以及其自身所具有的特征，本文从基础的垄断市场开始研究，随后拓展到竞争市场拟打算研究供应商竞争和平台竞合两种情形。通过建立数学模型，分析不同市场结构下考虑区块链投资的平台供应链决策。

1.1.2 研究意义

本文聚焦平台供应链、区块链技术和双边市场等相关理论，主要以不同市场结构平台供应链研究为切入点，重点探讨了不同市场结构下区块链技术投资对平台供应链决策影响的问题。此外，本文还考虑了平台具有双边市场。探讨双边市场网络外部性对平台供应链决策的影响机制。鉴于此，主要表现在以下两个方面：

（1）理论意义

首先，深化市场结构理论应用场景。区别于研究普遍的单一市场假设，本研究创新性地建立垄断、供应商竞争、平台竞合的三层分析框架，系统揭示不同市场结构区块链对平台供应链决策的差异化影响。这一理论拓展不仅验证了产业组

织理论在平台经济场景的适用性，更为后续研究提供了参考与建议。

另外，本研究推进区块链技术深入研究。针对当前区块链研究多停留在技术采纳层面的现状，本研究构建区块链投资决策量化模型这种将技术特征与经济效益相融合的研究路径，为数字经济时代的技术经济分析提供了新的理论工具。

更值得关注的是，本文将双边市场理论纳入分析框架，通过考虑双边市场网络外部性，建立模型阐释其如何通过正反馈机制调节平台供应链决策，这一研究为后续平台供应链的研究开辟了新方向。

（2）实践意义

在全球价值链重构与数字技术深度融合的背景下，区块链技术较为广泛应用于平台供应链中。本研究立足于平台经济实践场景，聚焦区块链技术投资与供应链决策，其现实意义主要体现在以下三方面：

首先，本文研究不同市场结构的平台供应链决策问题，为不同市场结构的平台供应链节点企业提供运营决策思路与想法，并为差异化市场结构中的企业决策提供操作指南。

其次，本课题紧扣平台供应链区块链技术投资这一核心问题，探讨最优投资水平，投资成本等的变化关系，为现实平台企业在投资区块链技术时如何决定投资水平以及在相应投资水平下如何向区块链技术使用者收取费用提供一定的决策参考。

最后，考虑平台供应链中平台拥有双边市场，引入双边市场网络外部性特征。研究其对平台区块链投资与企业决策的影响机制，为企业后续利用平台双边市场特征提供建议。

1.2 研究内容和创新点

1.2.1 研究内容

随着数字经济的快速发展，区块链技术作为一种分布式、去中心化、安全透明的技术，逐渐被应用于各个领域，特别是在供应链管理中展现出巨大的潜力。不同市场结构的平台供应链主体间存在信息不对称、信任成本高、追溯难度大等问题上面临挑战，而区块链技术的引入可以有效解决这些问题，提高供应链的效率和透明度。在不同的市场结构下，如何合理地投资区块链技术和调整供应链成员决策，以达到平台供应链利润最大化的效果，仍然是一个值得深入研究的问题。

本文以现实背景为依托，研究不同市场结构下考虑区块链投资的平台供应链决策问题。

本课题的研究内容主要以不同市场结构下的平台供应链作为研究对象，针对当前平台供应链面临的各种问题，考虑利用区块链技术来解决，分别研究了垄断情形、供应商竞争和平台竞合三种平台供应链是否考虑区块链投资以及供应链成员面对不同情形该如何决策。以现实背景为依托，在对此前参考文献的归纳总结的基础上，本课题具体研究内容如下：

第一章：绪论。主要阐述本文的研究背景、研究的意义、研究内容及创新点、研究方法和技术路线。本文的研究框架，发现区块链技术投资与平台供应链决策间存在的研究价值，挖掘可深入研究的地方。最后，阐述本文的章节内容和主要研究框架，并指出论文研究创新之处、研究方法与技术路线。

第二章：相关概念与国内外研究现状。介绍本文研究内容的相关概念，并对国内外现有的研究成果进行综述。相关概念和文献综述的内容包括平台供应链、网络外部性和区块链技术。

第三章：垄断情形下考虑区块链技术的平台供应链决策研究。本章节以一个供应商和一个平台组成的平台供应链为研究对象，在考虑区块链技术对消费者信任度和验真效率的影响，引入产品信任度和产品验真时间、真实性等参数的同时考虑网络外部性对平台供应链的影响，进一步引入网络外部性参数。探讨区块链技术对平台供应链的决策影响，并分对比集中决策与分散决策下产品定价和平台供应链各主体利润的差异，分最优定价和利润对不同参数的敏感性。旨在为平台供应链决策与区块链技术投资的应用提供参考建议。

第四章：供应商竞争情形下考虑区块链投资的平台供应链决策研究。本章节以两个竞争的供应商和一个平台组成平台供应链为研究对象，研究考虑区块链技术投资的平台供应决策问题。平台有权选择是否投资以及是否与供应商合作投资区块链技术。根据不同情况可以分为三种情形，不考虑区块链投资、考虑区块链投资下分为平台只与一个供应商（双方）合作投资、平台与两个供应商（三方）合作投资两部分。对其三种情形进行建模并求均衡解，获得平台供应链在不同情形下的最优解。并且用上述最优解相互之间进行比较分析，分析供应商竞争情形平台供应链决策与投资区块链技术的问题。

第四章：平台竞合情形下考虑区块链投资的平台供应链决策研究。本章节以一个供应商和两个竞争的平台组成的平台供应链为研究对象，研究平台供应链的竞合和区块链投资问题。其中大平台开放平台，小平台加入大平台为竞合策略。区块链技术需要大量成本，只有大平台有投资条件。根据平台是否实施竞合策略和是否投资区块链可将其分为以下四种情形：不考虑区块链投资下有实施竞合与不竞合两种，考虑区块链投资下也有实施竞合与不竞合两种，对上述四种情况进行建模求解后，通过对比分析，从获益角度分别比较不同情形优劣，探究平台供应链竞合策略和区块链技术投资情况，区块链技术对平台供应链决策的影响和区块链对竞合策略影响等。

第五章：总结与展望。本章是对上述全部内容的概括和总结。重点说明论文的主要结论和管理启示。同时，分析总结论文未来拓展的研究方向。

1.2.2 创新点

本文的创新点主要体现在以下三个方面：

（1）研究视角创新：课题以平台供应链决策为切入点。从考虑区块链投资角度出发，研究平台供应链在不同市场结构下考虑区块链技术投资前后最优决策和利润问题，从而为现实中的区块链技术投资对平台供应链的决策，为不同市场结构的平台供应链节点企业提供一定的理论依据。

（2）研究内容创新：从供应链的角度来研究不同市场结构下平台供应链区块链技术投资和产品定价等相关决策问题，分别从垄断情形、供应商竞争情形以及平台竞合情形来讨论不同市场结构下考虑区块链投资的平台供应链决策问题。此外，由于竞争环境以及应用领域的不同，使得本课题在各方面都存在进一步研究价值。

（3）管理实践创新：在实践中，考虑平台具有双边市场可指导平台供应链节点企业的管理者，使其充分把握和利用平台自身特征，实施适当的策略。从改善平台运营管理的角度来看，有助于平台管理者制定更好的运营策略和实施计划。平台供应链决策策略可以指导供应链节点企业合理动态的调整决策。此外，考虑区块链技术投资与否也可为平台以及上游企业提供建议和指导。

1.3 研究方法和技术路线

1.3.1 研究方法

本研究在总结国内外最新研究成果的基础上，系统地研究在不同市场结构下考虑区块链投资的平台供应链决策，其具体研究方法如下：

（1）文献综述法

通过网络资源以及各种纸质书籍来大量阅读国内外关于平台供应链和区块链技术的研究文献，对此进行全面的文献综述，从而明确本文的研究主体和框架，为具体章节内容的撰写打下良好的理论基础。

（2）博弈论

本课题在基于决策优化理论的基础之上，利用 *stackelberg* 博弈模型的基本前提以及该模型的基本框架构建不同市场结构下的垄断和竞争博弈模型，并且在平台供应链中引入供应商竞争和平台竞合时分别采用 *Bertrand* 博弈+*Stackelberg* 博弈模型相结合和 *Hotelling* 博弈+*Stackelberg* 博弈相结合的方式，利用逆向归纳法求解最优结果。

（3）比较分析法

通过比较不同策略下的最优均衡解、平台供应链成员利润等，为平台供应链的决策与区块链投资决策等提供理论依据。本文对比研究了垄断情形下不同模型的定价差异和利润区别；在供应商竞争市场结构下对比分析了考虑区块链投资与否的定价、投资量和利润大小关系；在平台竞合市场结构下比较分析四种不同情形下定价差异和利润关系。

（4）数值仿真法

在分析上述博弈模型的均衡解，以及获得其最优结果的基础之上，参考过往文献，利用 *Matlab*、*Mathematica* 等软件对相关结论进行模拟与验证，对前面分析结果进行数值分析，最后将结果以图表的形式更加直观地展。本文也综合运用供应链契约协调理论、博弈论等多专业理论与方法进行交叉研究，确保论文研究的深度和质量。

1.3.2 技术路线

技术路线是对本文思路的一个梳理，本文聚焦平台供应链，区块链技术等相关理论，主要以不同市场结构下平台供应链决策研究为切入点，重点探讨区块链

技术对平台供应链决策的影响。此外，本文考虑了平台是否应该投资区块链以及投资水平等问题。所以本文在平台供应链，区块链技术等相关文献归纳分析的基础之上，将主要的研究内容分为三个阶段：

（1）第一阶段，在垄断市场下考虑区块链技术投资的平台供应决策的基础之上，通过建立 Stackelberg 博弈模型，讨论网络外部性下平台是否考虑投资区块链技术以及决策方式是集中决策还是分散决策。一共可分为四种情况，分别是：不考虑区块链投资的集中和分散决策；考虑区块链投资的集中和分散决策。为了分析平台供应链的最优决策、区块链投资决策以及平台供应链整体利益情况。本文对四种情况的均衡结果进行比较分析。

（2）第二阶段，在竞争市场中，本文考虑供应商竞争市场结构，讨论考虑区块链投资的平台供应链决策，通过建立 Bertrand 博弈和 Stackelberg 博弈模型。从平台与两个供应商是否合作投资区块链进行研究，分为以下三种情况，不考虑区块链投资；考虑区块链投资分为：双方合作投资（平台只与一个供应商合作）和三方合作投资（平台与两个供应商合作）。本文对三种情况进行比较分析区块链技术投资对平台供应链决策影响。

（3）第三阶段，在平台竞争市场结构中，通过结合 Hotelling 博弈和 Stackelberg 博弈，建立两平台竞合与区块链技术投资决策，并且从两个平台进行合作竞争的角度和大平台是否投资区块链的角度分别建立考虑区块链投资下的不实施竞合策略和实施竞合策略；不考虑区块链投资下不实施竞合策略和实施竞合策略，并对上述四种情形进行分析比较。

最后运用算例分析证明本研究的适用性，进一步调整最优模型。本文的技术路线图如图 1-1 所示。

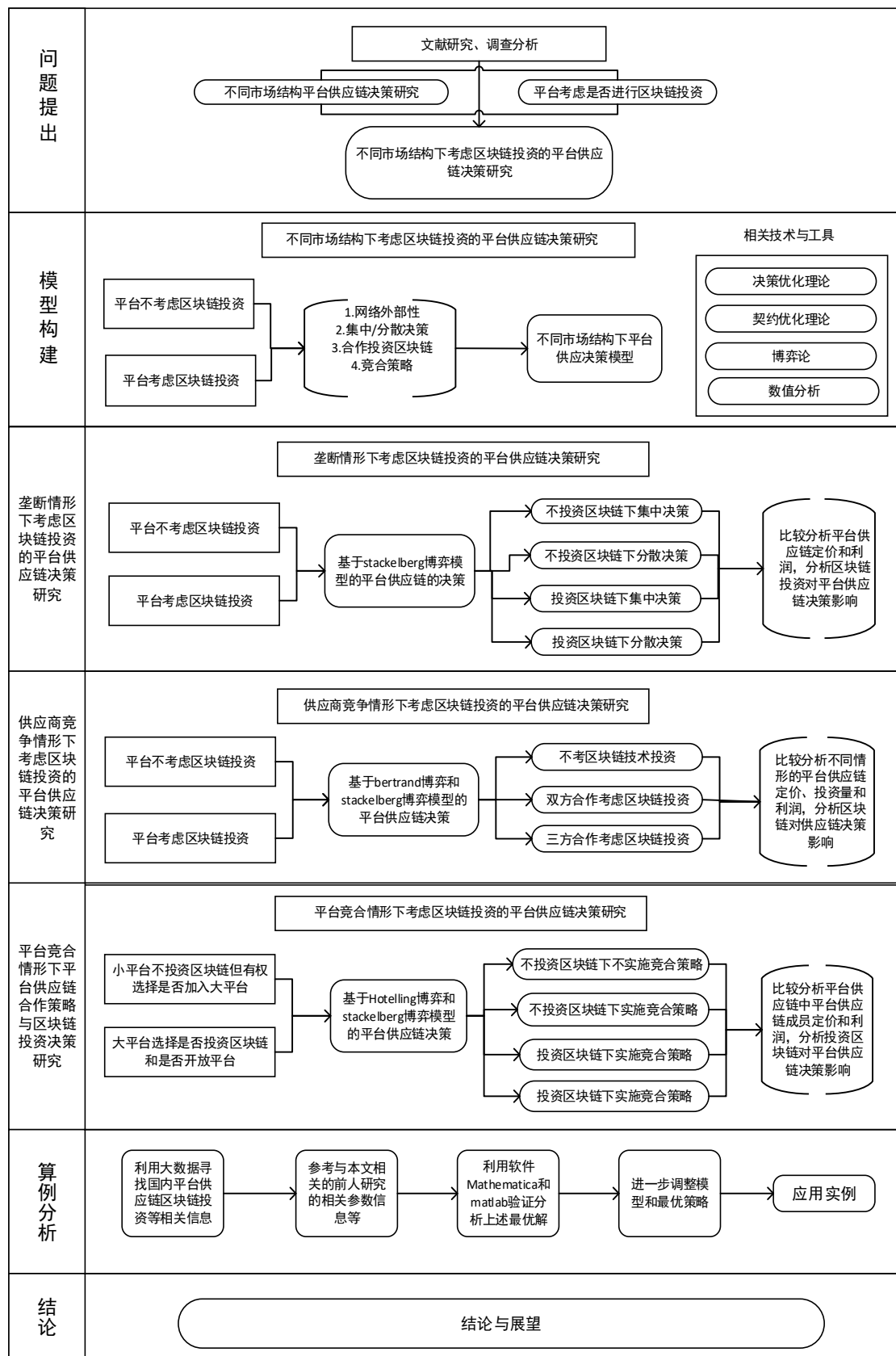


图 1-1 技术路线图

第2章 相关概念与研究现状

在全球产业数字化转型加速的背景下,平台供应链逐渐演化为以数据为纽带、以价值共创为目标的新型商业生态系统。众多学者专家对平台供应链展开研究,本文以平台供应链为研究对象,主要考虑区块链投资和平台供应链自身网络外部性两个方面。相关研究综述主要分成三个主要方面,即平台供应链、网络外部性和区块链技术。

2.1 平台供应链

借助互联网技术,平台经济发展迅猛。平台供应链作为一种新型供应链模式,涵盖了供应商、制造商、分销商、零售商以及消费者等,依托第三方在线平台实现商品的交易与流通。与传统供应链不同,其交易场所从分散的线下地点,转变为基于互联网技术搭建的线上虚拟交易环境。相较于传统供应链,平台供应链具有显著的独特优势。一方面,互联网技术打破了时间与空间的限制,借助在线平台的网络外部性,催生出强大的平台力量,有效刺激产品的潜在市场规模和市场需求的生长。另一方面,平台通过互联网技术,能够广泛收集制造商和消费者的数据,为产品交易活动提供了有力的支持与推动。

近年来,有关平台供应链的研究引起了众多学者的关注^[5-7]。早期研究主要集中在平台销售模式的选择上^[8]和价格策略^[9-11]。Hagiu 和 Wright^[12]研究了需求增强营销活动的水平如何影响平台的销售模式选择。在此基础上,Cui 等^[13]研究了产品采购成本和消费者麻烦成本对平台销售模式选择的影响。目前对平台供应链的研究分为两类:一类垄断情形。Liu 等^[14]探讨了平台可采取数据驱动的营销策略如何影响平台的合作模式选择。Zhang 等^[15]构建由一个电子平台和一个制造商组成的平台供应链,分析平台渠道模式选择与佣金率的关系。林强等^[16]研究了现款支付和信贷支付对供应商和电商平台选择代理模式与转销模式进行合作的影响。另一类,研究竞争情形。Wu 和 Yu^[2]从信息透明度和交易成本的角度探讨了区块链技术对平台供应链的影响。Liu 等^[17]分析一个制造商通过两个在线平台销售产品时,竞争强度和订单履行成本对代理模式或转销模式的选择的影响。姚锋敏等^[18]分析了消费者质疑下的制造商销售模式选择及区块链应用策略,以及区

区块链应用对环境及社会福利的影响。Shen 等^[19]研究了制造商在平台零售商和传统分销商之间的渠道选择。

与上述研究不同,本文关注不同市场结构下考虑区块链投资对平台供应链决策影响问题。有关平台供应链投资区块链的技术已经多人研究。如 Tao 等^[20]研究了区块链在两种不同的平台结构下如何影响最佳定价和质量决策。但有关不同市场结构下考虑区块链投资的平台供应链的研究较少。为了填补这一研究空白,本文分析了不同市场结构下考虑区块链投资平台供应链该如何决策。

2.2 双边市场

在平台供应链体系中,平台作为核心节点,通过连接供需双边用户(如供应商与消费者、内容提供方与用户)实现价值创造。以京东、淘宝等电商平台为例,平台通过整合上游产品或服务的供应商与下游需要购买商品或服务的消费者,形成典型的双边市场结构。双边市场是一个通过适当的方式从各方收取费用或给予补贴,达到用户实现交易的平台,并且一端用户加入平台的收益取决于加入该平台另一组用户数量的市场。有关双边市场领域的基础理论框架可溯源至 Rochet 和 Tirole^[21]的奠基性研究,其将双边市场界定为通过中介平台实现供需两侧交互的市场形态。随后 Armstrong^[22]发现从价格弹性维度揭示了双边市场的运行规律。

目前,有关在双边市场的研究领域。学者们普遍关注具有网络外部性特征的双边市场机制。网络外部性是双边市场的典型特征,从双边市场的定义即可看出。即一端用户的效用和规模的增加将会影响另一端的用户效用和规模^[3]。桂云苗等^[23, 24]从网络外部性和用户归属行为两方面研究了动态竞争下平台增值服务投资与定价策略。曹俊浩等^[25]通过建立了基于 B2B 的 Hotelling 平台竞争模型,分析了交叉网络外部性下平台用户接入方式变化对平台竞争性策略的影响。随着时代发展,平台供应链崛起也体现双边市场特征,研究者将有关双边市场网络外部性的研究目光转移到对平台供应链的研究。Shen 等^[26]分析网络外部性对产品销售和供应链盈利能力的影响。易余胤和杨海深^[27]在网络外部性市场环境下探讨了网络外部性和可变质量成本系数对零售商经营目标选择、制造商质量决策及节点企业利润的影响。李秋香等^[28]探讨了网络外部性、努力水平对产品需求、定价以及平台和团长收益的影响。本文也是考虑到平台供应链具有双边市场网络外部性特征,将双边市场理论引入到平台供应链中进行研究。

然而,有关对平台供应链的双边市场网络外部性研究未得到充分探索。尽管Shen 等^[29]将双边市场理论扩展平台供应链的研究,但他们忽视了在不同市场结构中,双边市场的网络外部性如何影响平台供应链决策等问题。因此,有必要进一步阐明双边市场的网络外部性对平台供应链决策的影响。

2.3 区块链技术

区块链是一种分布式账本,它通过去中心化的方式确保数据的不变性,为所有行业提供新的解决方案^[30]。随着区块链的不断发展,它被广泛地应用于各种供应链环境,包括农业供应链^[31]、供应链金融^[32]、医疗保健供应链^[33]和平台供应链^[34]。

在绿色供应链、供应链金融等方面。Xu 等^[35]发现,当制造商利用区块链技术产销绿色产品时,零售商和消费者会增加产品信任度,制造商也会获得更多的利润。龚强等^[36]发现,当采用区块链技术的企业达到一定数量和质量时,银行可以为企业低成本且可行的融资服务。在区块链技术对平台决策的影响方面。Chio 等^[37]利用区块链技术帮助平台评估用户风险偏好,通过强调用户的风险态度来确定最佳的按需服务的定价。桂云苗等^[38]发现,平台利用区块链技术提高产品的信息披露水平会获取更多利润。近年来,有关区块链技术的信息分享作用开始成为供应链管理领域新的研究热点。李剑等^[39]研究了“区块链+协同减排”信息分享机制,发现该机制在消除信息租金和提高供应链的收益方面发挥重要作用。Niu 等^[40]发现制造商的竞争不激烈且市场需求不确定性较低时,零售商有动机参与区块链共享需求信息给上游制造商。一些学者还将目光转向下游消费者。Xu 和 Choi^[41]将市场分为信息敏感型和非信息敏感型消费者。Wang 等^[42]认为,在平台上实施区块链可以消除消费者的不信任。甚至有研究学者开始考虑上游供应商的不同产品质量信息。Liu 等^[43]考虑了两种质量信息透明度策略:区块链前和事件后自愿披露。Xu 和 He^[44]发现供应商使用区块链向消费者销售产品,并自愿披露产品质量信息。Liu 等^[31]发现,使用大数据和区块链的供应链中各成员可以收获更多的利益。Niu 等^[45]研究发现,考虑区块链单位成本时跨国公司会降低使用区块链技术的动机。

从上述研究中可以看出,有关区块链技术的研究已经拓展到各个方面,关于区块链对供应链的影响最终体现需求变化上,这是非常有趣的发现。相关研究

包括以下三个部分。首先，研究区块链的潜在市场需求：Zhang 等^[46]发现供应链策略取决于单位区块链运营成本、直销成本和需求波动。接着，使用区块链研究产品需求：Biswas 等^[47]考虑了区块链的优缺点，并通过博弈论模型捕捉了区块链采用的可追溯性和可持续性之间的平衡。最后，区块链对需求的间接影响：Hsieh 和 Lathifah^[48]研究发现，平台上的区块链服务可以影响消费者对制造商绿色跨渠道产品努力的感知价值，从而间接影响消费者对平台产品的需求。上述研究考虑了区块链在供应链等领域的各种应用，本文在上述内容基础上进一步对不同市场结构进行具体分析，在市场结构下对考虑区块链技术如何影响平台供应链决策进行研究。

2.4 文献述评

由上述文献可知，在产业数字化转型的大背景下，平台供应链凭借互联网技术实现了迅猛发展，成为涵盖多主体的新型平台供应链模式。平台供应链早期研究聚焦于平台销售模式选择与价格策略。近年来，平台供应链研究呈现出垄断与竞争情形下的分野。垄断情形下，研究涉及平台数据驱动营销策略、渠道模式选择与佣金率关系、支付方式对供应链决策影响等；竞争情形下，研究涵盖区块链技术对平台供应链的影响、制造商销售模式选择及区块链应用策略等。然而，现有研究对不同市场结构下区块链投资对平台供应链影响关注不足，特别是在平台竞合领域研究存在空白。尽管已有关于平台供应链投资区块链技术的研究，但未充分考虑平台供应链具有的网络外部性对区块链投资与平台供应链决策的影响。本文将针对此不足，深入分析不同市场结构下考虑区块链技术的平台供应链决策。

平台供应链中平台拥有双边市场，双边市场的典型特征是网络外部性，目前有关双边市场的研究主要围绕双边市场的网络外部性来研究。大多数学者关注双边市场的网络外部性对平台决策（如定价策略、竞争策略）的影响。然而，在平台供应链中考虑双边市场特征网络外部性对平台供应链的影响研究尚未充分，尤其是在结合区块链技术投资与平台供应链合作策略方面，仍存在研究缺口。本文将致力于阐明平台双边市场网络外部性在这方面的影响，丰富该领域的研究。

区块链作为分布式账本，凭借去中心化确保数据不变性，已广泛应用于农业、金融、医疗保健及平台供应链等多个领域。现有研究涉及区块链在供应链各环节的应用，如绿色供应链、供应链金融、产品信任度提升、平台决策影响、信息分

享作用等。研究发现，区块链对供应链的影响最终体现于需求变化，包括潜在市场需求、产品需求及间接影响需求三个方面。本文将在已有研究基础上，将区块链技术与平台供应链决策相结合展开研究，以拓展该领域的研究视角。

第3章 垄断情形下考虑区块链投资的平台供应链决策研究

平台经济增长过程中，部分商家出现售卖伪劣品行为。为维护消费者权益并赢得消费者信赖，“京东”、“天猫”等平台开始投资区块链技术来打击伪劣品。区块链技术具有公开透明、不可篡改、可追溯性等特点^[49]，能有效提高消费者信任度和验真效率。例如：京东智臻链防伪追溯平台，应用于生鲜、母婴等多个品类的商品供应链管理。消费者通过扫描商品二维码，即可获取商品的全流程溯源信息。平台在考虑区块链技术吸引消费者的同时，也应考虑网络外部性的影响。即平台供应链中消费者数量增加，会促进更多制造商加入零售平台。以华为云、阿里等平台为例，平台投资区块链技术后，消费者数量增加，吸引大量商家入驻并增加了平台供应链的利润。因此，本章探讨面对区块链技术平台供应链该作何决策以及平台供应链的具有双边市场的网络外部性对平台供应链决策有何影响等。旨在为平台供应链中各个节点企业面对区块链技术应用提供一些参考建议。考虑市场结构的复杂多样性，先从最简单的垄断市场进行研究，本章主要解决了以下问题：

（1）平台是否考虑投资区块链？网络外部性对平台供应链成员决策的影响机制是什么？

（2）在这种机制下，平台供应链更愿意采取哪种策略是集中决策还是分散决策以及采用分散决策又该如何进行协调达到集中决策效果？

3.1 问题描述与相关假设

假设存在由一个制造商和一个零售平台构成的二级平台供应链。制造商为平台提供商品，产品单位批发价格为 w （决策变量）。零售平台为消费者提供产品，每单位销售价格为 p （决策变量），考虑平台有利可图性， $p > w > F > 0$ 。平台供应链存在两种决策方式，集中决策和分散决策。集中决策是制造商和零售平台统一合作一起决策产品定价。分散决策是制造商和平台分开决策。分散决策存在决策顺序，利用 Stackelberg 博弈，决策顺序具体如下：第一阶段，制造商先决策产品的单位批发价格；第二阶段，零售平台决策是否投资区块链技术以及产品的单位销售价格；第三阶段，消费者对产品进行评估与检验后决策是否购买该产品。

决策模型如图 3-1 所示。

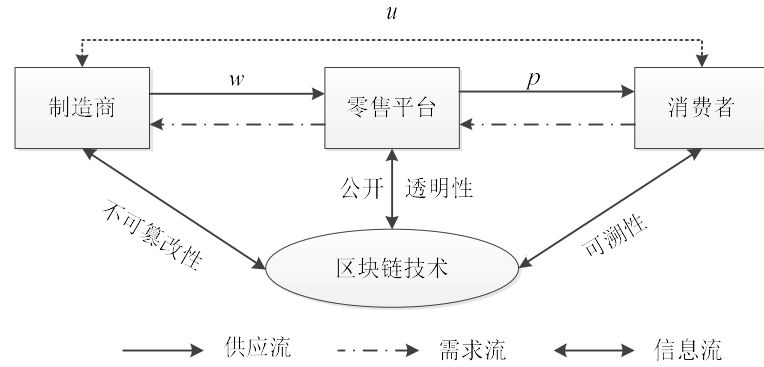


图 3-1 垄断情形平台供应链的模型结构

为维护消费者权益并赢得消费者信赖，平台将考虑是否投资区块链技术。参考梁喜和肖金凤等^[50]研究，考虑投资区块链技术会对消费者信任度和验真效率的影响，引入产品信任度和产品验真时间、真实性等参数。不投资区块链技术模式下，消费者验真时间为 t ；投资区块链技术后缩短了消费者溯源时间，此时验真时间变为 T ($t > T$)。不投资区块链技术时，消费者认为产品为正品的概率为 k ($0 < k < 1$)，伪劣品的概率为 $1 - k$ ；投资区块链技术后消费者完全认可产品的真实性，即 $k = 1$ 。投资区块链技术使得消费者更加信赖平台提供的商品，假设投资区块链技术后消费者信任度为 γ 。消费者信任产品会增加一部分的潜在需求为 $R(\gamma)$ ， $R(\gamma)$ 表示消费者信任度对产品需求量的影响。消费者对产品信任度越高， $R(\gamma)$ 越大，即 $R(\gamma)$ 的一阶导数 $R'(\gamma) > 0$ ，不投资区块链技术时需求量无额外增加，此时 $R(\gamma) = 0$ 。消费者信任度越高，区块链技术的成本越大。参考姜永常等^[51]、魏光兴和宋燕龄^[52]的研究，平台投资区块链技术成本设为 $G(\gamma) = \frac{1}{2}c\gamma^2$ ，其中区块链技术成本 $G(\gamma)$ 的一阶导数 $G'(\gamma) > 0$ ，二阶导数 $G''(\gamma) > 0$ ，区块链技术成本系数 $c > 0$ 。平台不投资区块链技术时，制造商的单位生产成本为 f ；在投资区块链技术后，制造商需收集和整理产品信息，单位生产成本变为 F ($F > f$)。本章还考虑网络外部性的影响与颜锦江等^[53]的研究类似，网络外部性对市场潜在规模有促进作用，用 u 表示影响程度。平台供应链中产品需求函数分别为：

$$\text{不投资区块链技术模式下： } q = (1+u)a - \beta p - \theta(1-k) - \lambda t \quad (3-1)$$

$$\text{投资区块链技术模式下： } q = (1+u)a - \beta p - \lambda T + R(\gamma) \quad (3-2)$$

本章探讨垄断情形下考虑区块链投资对平台供应链的决策影响以及网络外

部性如何影响平台供应链定价等问题。表 3-1 总结本章中使用的所有符号和含义。

表 3-1 符号的定义

符号	说明	符号	说明
a	市场潜在规模	k	产品真实性
q	消费者需求量	θ	消费者对伪劣品的敏感度
f	不投资制造商单位生产成本	F	投资后制造商单位生产成本
λ	消费者对验真时间的敏感度	t	不投资区块链检查产品时间
β	价格的弹性系数	T	投资区块链后检验产品时间
u	网络外部性强度系数	c	区块链技术成本系数
γ	消费者信任度水平	η	收入共享因子
w^i	产品单位批发价格	π^i	平台供应链系统利润
p^i	产品单位销售价格	π_j^i	成员利润

注： $i=\{D,E,X,Y,S\}$ 其中 D 和 X 分别表示平台不考虑区块链投资下进行集中决策和分散决策； E 和 Y 分别表示平台考虑区块链投资下进行集中决策和分散决策； S 表示考虑区块链投资下进行契约协调。 $j=\{m,r\}$ 其中 m 表示制造商， r 表示平台。

3.2 模型构建与均衡分析

本节描述了垄断情形平台供应链的四种决策模型的构建。基于是否考虑区块链投资和供应链进行集中和分散决策两个维度，考虑不同情形下的四种决策模型，如表 3-2 所示。

表 3-2 平台供应链决策情形

情形		平台	
		不考虑区块链投资	考虑区块链投资
供应链	集中决策	D	E
	分散决策	X	Y

3.2.1 不考虑区块链投资

3.2.1.1 集中决策（ D ）

在不考虑投资区块链时进行集中决策，平台供应链中产品需求函数为公式（3-1），构建该模式下的平台供应链系统利润函数为：

$$\pi^D = (p - f)q \quad (3-3)$$

引理 3.1 不考虑投资区块链进行集中决策时，平台最优销售价格，产品需求

量以及平台供应链系统最优利润为 $p^{D*} = \frac{(1+u)a + \beta f - \theta(1-k) - \lambda t}{2\beta}$, $q^{D*} = \frac{1}{2}A$,

$\pi^{D*} = \frac{A^2}{4\beta}$ 。其中, $A = (1+u)a - \beta f - (1-k)\theta - \lambda t$ 。

3.2.1.2 分散决策 (X)

在不考虑投资区块链进行分散决策时,平台供应链中产品的需求函数为公式(3-1),制造商和平台的利润函数分别为:

$$\pi_m^X = (w - f)q \quad (3-4)$$

$$\pi_r^X = (p - w)q \quad (3-5)$$

引理 3.2 在不考虑投资区块链分散决策时,产品的最优批发价格、平台的最优销售价格以及产品需求量为 $w^{X*} = \frac{(1+u)a + \beta f - \theta(1-k) - \lambda t}{2\beta}$,

$p^{X*} = \frac{3(1+u)a + \beta f - 3\theta(1-k) - 3\lambda t}{4\beta}$ 和 $q^{X*} = \frac{1}{4}A$ 。

引理 3.2 可知,市场潜在规模 a 增大时,产品最优价格以及产品需求量均增加。随着制造商单位生产成本 f 增加,产品的批发价格 w 和平台的销售价格 p 均增大,但产品的需求量 q 减小。当消费者对产品的验真时间 t 增加时,制造商和平台的价格以及产品需求都减小;当消费者倾向于认为产品是伪劣品即 k 减小时,制造商和平台的价格以及产品需求也都减小。

推论 3.1 在不考虑投资区块链进行分散决策时,制造商、平台以及供应链的最优利润为 $\pi_m^{X*} = \frac{A^2}{8\beta}$, $\pi_r^{X*} = \frac{A^2}{16\beta}$ 和 $\pi^{X*} = \frac{3A^2}{16\beta}$ 。

根据推论 3.1 可知,随着制造商单位生产成本 f 增大,平台、制造商和供应链的利润都减少。这表明着产品的生产成本越高,对平台供应链越不利。当市场潜在规模 a 增大时,平台和制造商的利润都增加。当消费者验真时间 t 增加时,制造商和平台利润都减小。当消费者更倾向于认为产品是伪劣品即 k 减小时,制造商和平台的利润都减少。这也意味着消费者验真时间越长,消费者越怀疑产品真实性,对平台供应链越不利^[54]。

3.2.2 考虑区块链投资

3.2.2.1 集中决策 (E)

在考虑区块链投资时进行集中决策,平台供应链中产品的需求函数为公式

(3-2)。进而，构建该模式下平台供应链系统利润函数为

$$\pi^E = (p - F)q - \frac{1}{2}c\gamma^2 \quad (3-6)$$

引理 3.3 在考虑区块链投资时进行集中决策时，平台最优销售价格、产品需求量以及平台供应链系统最优利润为 $p^{E*} = \frac{(1+u)a + \beta F - \lambda T + R(\gamma)}{2\beta}$ ， $q^{E*} = \frac{1}{2}B$ 和

$$\pi^{E*} = \frac{B^2}{4\beta} - \frac{c\gamma^2}{2}。其中，B = (1+u)a - \beta F - \lambda T + R(\gamma)。$$

3.2.2.2 分散决策（Y）

在考虑区块链投资进行分散决策时，平台供应链产品需求函数为公式(3-2)，制造商和平台的利润函数分别为：

$$\pi_m^Y = (w - F)q \quad (3-7)$$

$$\pi_r^Y = (p - w)q - \frac{1}{2}c\gamma^2 \quad (3-8)$$

引理 3.4 在考虑区块链投资下进行分散决策时，产品的最优批发价格、平台的最优销售价格以及产品的需求量为 $w^{Y*} = \frac{(1+u)a + \beta F - \lambda T + R(\gamma)}{2\beta}$ ，

$$p^{Y*} = \frac{3(1+u)a + \beta F - 3\lambda T + 3R(\gamma)}{4\beta} 和 $q^{Y*} = \frac{1}{4}B。$$$

在引理 3.4 中，平台投资区块链时消费者信任度提升，进而额外增加一部分产品的需求量。随着消费者信任度 γ 增加，产品的价格和需求量都增大。当市场潜在规模 a 增大时，制造商和平台的价格与产品需求量也都增大。随着制造商单位产品生产成本 F 增加，产品的批发价格和平台的销售价格都将增大，但产品的需求量将减少。当消费者对产品的验真时间 T 减少时，制造商和平台的价格以及产品需求量都增加^[54]。

推论 3.2 在考虑区块链投资下进行分散决策时，制造商、平台以及供应链的最优利润为 $\pi_m^{Y*} = \frac{B^2}{8\beta}$ ， $\pi_r^{Y*} = \frac{B^2}{16\beta} - \frac{c\gamma^2}{2}$ 和 $\pi^{Y*} = \frac{3B^2}{16\beta} - \frac{c\gamma^2}{2}$ 。

推论 3.2 表明，随着消费者信任度 γ 增加，制造商和平台的利润都增大。当制造商单位生产成本 F 增加时，平台和制造商的利润都减少。这意味着消费者信任度越大或产品的生产成本越小，对平台供应链越有利。当市场潜在规模 a 增大时，平台和制造商的利润也都增大。当消费者验真时间 T 减小时，制造商和平台

利润都增大。这表明当平台投资区块链技术时消费者信任产品，验真时间减少，对平台供应链是有利的^[54]。本章涉及的所有证明在附录 1 中有详细描述。

3.3 关键参数对决策影响分析

本节对上述四个模型最优解进行分析，讨论关键参数（消费者对产品验真时间敏感系数、消费者对伪劣品敏感系数、消费者对区块链信任度和网络外部性）对平台供应链（如定价、投资和利润）的影响。首先，探讨区块链相关的参数对决策影响。

3.3.1 区块链对决策影响分析

本章考虑投资区块链主要体现在，消费者对产品验真时间变小、消费者对伪劣品敏感度增加、消费者对区块链信任度增加三个方面最终都反应在需求上。上面四个引理给出了不同情形的平台供应链的最优决策。区块链涉及的关键参数如何影响平台供应链的决策，清楚体现平台供应链成员的决策机制。下面命题有效地回答了这个问题。

命题 3.1 消费者对产品验真时间敏感系数和对伪劣品敏感度两个参数对产品最优需求量、产品的最优批发价格和最优销售价格、制造商和平台最优利润以及平台供应链系统最优利润影响如下：（1） $\frac{\partial q^{i*}}{\partial \lambda} < 0$ ； $\frac{\partial w^{i*}}{\partial \lambda} < 0$ ； $\frac{\partial p^{i*}}{\partial \lambda} < 0$ ； $\frac{\partial \pi_j^{i*}}{\partial \lambda} < 0$ ； $\frac{\partial \pi^{i*}}{\partial \lambda} < 0$ 。（2） $\frac{\partial q^{i*}}{\partial \theta} < 0$ ； $\frac{\partial w^{i*}}{\partial \theta} < 0$ ； $\frac{\partial p^{i*}}{\partial \theta} < 0$ ； $\frac{\partial \pi_j^{i*}}{\partial \theta} < 0$ ； $\frac{\partial \pi^{i*}}{\partial \theta} < 0$ ， $i = \{D, E, X, Y\}$ ， $j = \{m, r\}$ 。

命题 3.1 表明，平台无论是否投资区块链技术，当消费者对产品验真时间敏感系数 λ 增加时，制造商和平台的价格和利润以及产品需求量都减小；这表明着消费者对产品进行反复检验和评估的行为对平台供应链是不利的。平台不投资区块链技术时，消费者对伪劣品的敏感系数 θ 增大，产品需求量、价格和平台供应链中各成员的利润都减小。这意味着消费者极度怀疑产品真实性时不利于平台供应链的发展。为直观显示结果，本节依据孙中苗等研究^[55]，绘制验真时间和伪劣品的敏感系数对决策变量和利润的影响图形，如下图所示。

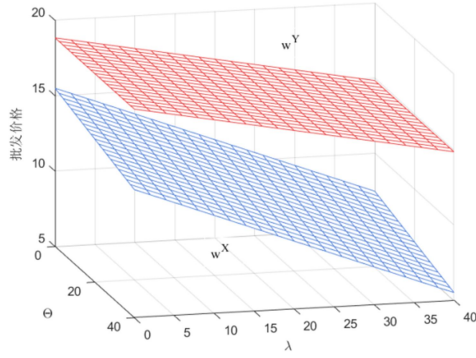


图 3-2 分散决策下产品批发价格比较

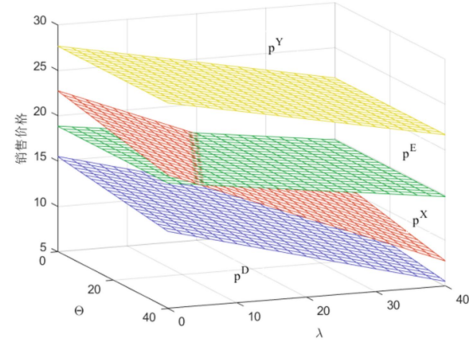


图 3-3 四种模型的销售价格比较

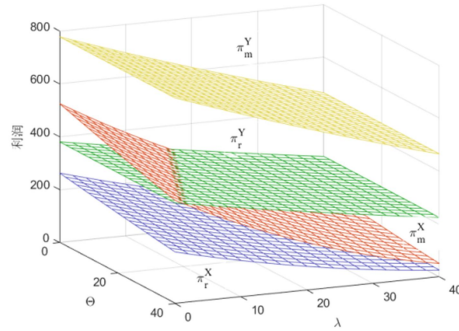


图 3-4 分散决策下制造商和平台利润比

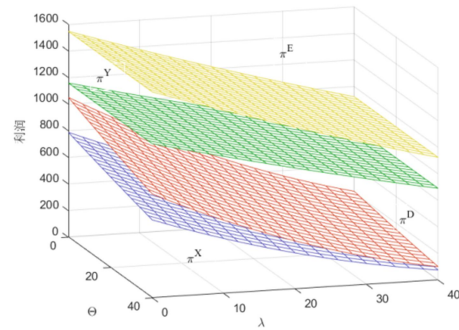


图 3.5 四种模型平台供应链系统利润比较

从图 3-2 和 3-3 可以看出：产品批发价格和销售价格都随消费者对验真时间和伪劣品的敏感系数增加而降低；从下降幅度可以看出，相比集中决策，分散决策时价格受到消费者对验真时间和伪劣品的敏感系数的影响更大。从图 3-4 和 3-5 可以看出：无论平台投资区块链技术与否，制造商和平台利润都随消费者对验真时间和伪劣品的敏感系数增加而下降，这说明消费者对验真时间和伪劣品敏感性增加会对平台供应链中各成员利润产生影响。

命题 3.2 消费者对区块链信任水平对产品最优需求量、产品的最优批发价格和最优销售价格、制造商和平台最优利润以及平台供应链系统最优利润影响如下：

$$\frac{\partial q^{i*}}{\partial \gamma} > 0; \quad \frac{\partial w^{i*}}{\partial \gamma} > 0; \quad \frac{\partial p^{i*}}{\partial \gamma} > 0; \quad \frac{\partial \pi_j^{i*}}{\partial \gamma} > 0; \quad \frac{\partial \pi^{i*}}{\partial \lambda} > 0, \quad i = \{E, Y\}, \quad j = \{m, r\}。$$

命题 3.2 表明，当消费者对区块链信任度水平增加时，制造商和平台的价格和利润以及产品需求量都增加。消费者对区块链信任度水平越高，愈加信任投资区块链后平台销售的产品，对产品需求更多。鉴于垄断情形，市场上只存在独家销售渠道。此时，消费者对产品需求越大，平台对产品的定价更大。供应商此时也必将提高给平台的批发价格。产品定价和需求均增加，此时平台利润将增加。

供应商利润也是同样地道理。平台供应链系统利润是平台和供应商利润之和。此时，平台供应链系统利润也增大。本节利用数值分析直观的将结果显现，绘制信任度对决策变量和利润的影响图形，如图 3-6 和 3-7 所示。

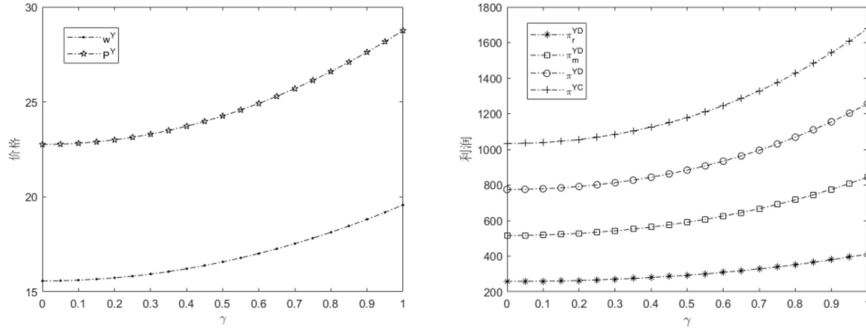


图 3-6 消费者信任度对价格影响 图 3-7 消费者信任度对利润影响

3.3.2 网络外部性对决策影响分析

网络外部性作为平台供应链中双边市场的一个重要特征，网络外部性如何影响平台的决策。命题 3.3 有效地回答了这个问题。

命题 3.3 网络外部性对产品的最优批发价格和最优销售价格、制造商和平台的最优利润以及平台供应链系统最优利润的影响。具体如下： $\frac{\partial w^{i*}}{\partial u} > 0$ ； $\frac{\partial p^{i*}}{\partial u} > 0$ ；

$$\frac{\partial \pi_j^{i*}}{\partial u} > 0；\frac{\partial \pi^{i*}}{\partial u} > 0，i = \{D, E, X, Y\}，j = \{m, r\}。$$

命题 3.3 表明无论平台是否投资区块链技术，网络外部性 u 对产品价格或制造商和平台的利润都产生影响，且与他们之间呈正相关关系。即产品价格和平台供应链中各成员利润随着网络外部性 u 的增加而增大。网络外部性增加使得产品需求量也增大。网络外部性强度增加时，吸引众多消费者，提高平台供应链的产品需求量，使得制造商和平台利润都增加，这是符合逻辑的。表明随着网络外部性强度增加，消费者和制造商之间会彼此影响各自的需求进而影响平台供应链的利润。为更加直观表示结果，利用绘制网络外部性对决策变量和利润影响于图 3-8，3-9 和 3-10。

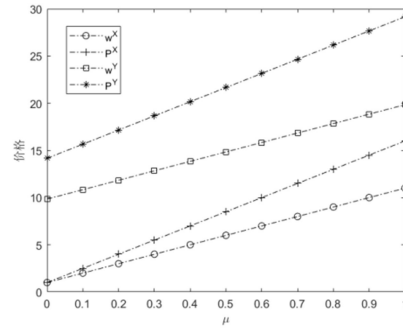


图 3-8 网络外部性对价格的影响

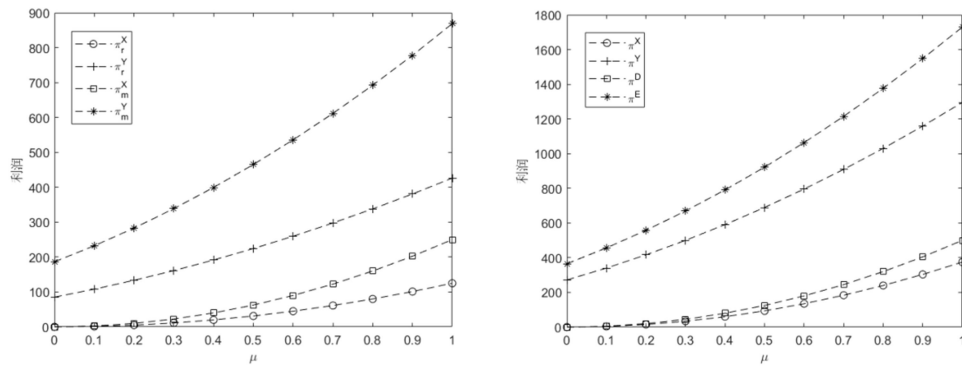


图 3-9 网络外部性对制造商和平台利润的影响 图 3-10 网络外部性对供应链系统利润的影响

从上述三个图形可以看出：无论平台是否投资区块链技术，制造商和平台的利润均随网络外部性强度增加而增大；当平台投资区块链技术时，无论是制造商和平台的价格还是制造商、平台和供应链的利润均比不投资区块链技术时更大；无论平台是否投资区块链技术，集中决策时的平台供应链系统利润比分散决策时更大；分散决策时制造商的利润始终大于平台，这是因为制造商在平台供应链中占主导地位，网络外部性增加会先影响制造商利润再影响平台利润。。

3.4 比较分析

在本节中，首先比较不同决策变量之间的差异及其原因。其次，比较不同情况下利润之间的关系，并进一步分析其原因。下面是有关价格比较分析，具体见命题 3.4。

3.4.1 价格比较分析

在本节中，先比较不投资区块链技术和投资区块链技术两种模式下制造商、平台以及供应链的产品价格和利润，得出平台供应链最优决策，具体内容见命题 3.4。

命题 3.4 比较不考虑区块链投资和考虑区块链投资两种模式下制造商产品批

发价格、平台产品定价不同情形大小关系如下： $w^{YD*} > w^{ND*}$ ； $p^{YD*} > p^{ND*}$ 。

命题 3.4 可知，考虑区块链投资时产品的最优批发价格和最优销售价格均大于平台不考虑区块链投资。平台考虑投资区块链时，消费者验真时间缩短；制造商需记录和整理产品生产过程中的信息，制造商的单位生产成本增大；消费者信任度提升，产品需求增加；这一系列原因导致平台考虑投资区块链技术时产品价格的增加。鉴于市场只存在一个制造商，此时平台定价上升，供应商也将提高批发价格。利用数值分析进行直观体现产品价格大小，从图 3-3 可看出，平台产品定价一般存在如下关系： Y 模型 $> E$ 模型 $> X$ 模型 $> D$ 模型。

3.4.2 利润比较分析

前文对不同情形产品定价进行比较，下面比较不同情形下平台利润关系。以帮助成员更好选择是否投资区块链。具体内容见下面命题。

命题 3.5 当 $\frac{1}{2}c\gamma^2 < \frac{B^2 - A^2}{16\beta}$ 且 $\beta(F - f) < \theta(1 - k) + \lambda(t - T) + R(\gamma)$ 时， $\pi_m^{YD*} > \pi_m^{ND*}$ ， $\pi_r^{YD*} > \pi_r^{ND*}$ ， $\pi^{YD*} > \pi^{ND*}$ 。

命题 3.5 可知，平台考虑区块链投资时制造商和平台最优利润以及平台供应链系统最优利润均大于平台不考虑区块链投资在区块链成本小于一定阈值以及制造商单位生产成本变化影响的需求量小于平台投资区块链带来的产品销售价格变化量时才成立。平台投资区块链技术虽能有效鉴别产品真伪，提高消费者信任度，但也需要付出一定的成本以及制造商的积极参与。从平台供应链系统利润角度考虑，当区块链技术成本小于某一阈值时，平台才会考虑投资区块链技术对产品进行防伪溯源。当制造商单位生产成本变化影响的需求量小于平台投资区块链带来的产品销售价格变化量时，制造商才愿意参与到区块链技术中，帮助平台记录和整理产品信息。

命题 3.6 集中决策和分散决策不同情形下平台供应链系统利润大小关系如下： $\pi^{D*} > \pi^{X*}$ ； $\pi^{E*} > \pi^{Y*}$ 。

命题 3.6 可知，不管平台是否考虑区块链投资，只要在相同模式下，分散决策下的产品批发价格都与集中决策下的产品销售价格相等，且两者都小于分散决策下的产品销售价格；集中决策下平台供应链系统利润与分散决策相比更大。这说明分散决策下的平台供应链系统利润没有达到最优。因此，接下来考虑用契约进行协调，让平台供应链达到帕累托最优状态。为直观显示命题结果，根据从图

3-9 可知，平台供应链系统利润存在如下关系： E 模型 $>Y$ 模型 $>D$ 模型 $>X$ 模型。

3.5 供应链协调

在考虑区块链投资时，为了使分散决策下平台供应链系统利润达到集中决策水平，实现平台供应链内部双向优化，本文利用收入共享契约进行协调。即平台将售卖产品获得的收入以一定比例 $\eta \in (0, 1)$ 分给制造商。此时，制造商和平台的利润函数分别为：

$$\pi_m^S = (w - F)q + \eta pq \quad (3-9)$$

$$\pi_r^S = (1 - \eta)pq - wq - \frac{c\gamma^2}{2} \quad (3-10)$$

引理 3.5 在考虑区块链投资时进行供应链协调，平台最优销售价格、制造商的最优利润以及平台最优利润为 $p^{S*} = \frac{1}{2}B$ ， $\pi_m^{S*} = \frac{\eta B^2}{4\beta}$ 和 $\pi_r^{S*} = \frac{(1-\eta)B^2}{4\beta} - \frac{1}{2}c\gamma^2$ ，当 $\frac{1}{2} \leq \eta \leq \frac{3}{4}$ 时平台供应链协调。

下面验证收入共享契约的有效性，参考卢亚丽等^[56]研究，取 $\eta \in [0, 1]$ ， $a = 100$ ， $F = 1.2$ ， $f = 1$ ， $k = 0.5$ ， $t = 2$ ， $T = 1$ ， $c = 20$ ， $u = 0.5$ ， $\beta = 5$ ， $\theta = 30$ ， $\lambda = 40$ ， $\gamma = 0.9$ ， $R(\gamma) = 40\gamma^2$ 分析投资区块链技术时契约协调前后供应链成员收益的变化关系^[54]，具体如表 3-3 所示。

表 3-3 平台供应链契约协调结果

η	π_m^{S*}	π_m^{Y*}	π_r^{S*}	π_r^{Y*}	π^{S*}	π^{Y*}	π^{E*}
0.10	155.06	775.28	1387.40	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.15	232.58	775.28	1309.88	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.20	310.11	775.28	1232.35	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.25	387.64	775.28	1154.82	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.30	465.17	775.28	1077.29	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.35	542.70	775.28	999.76	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.40	620.22	775.28	922.24	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.45	697.75	775.28	844.71	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.50	775.28	775.28	767.18	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.55	852.81	775.28	689.65	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.60	930.34	775.28	612.12	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.65	1007.86	775.28	534.60	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.70	1085.39	775.28	457.07	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.75	1162.92	775.28	379.54	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.80	1240.45	775.28	302.01	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.85	1317.98	775.28	224.48	379.54	1542.46	1154.82	1542.46

0.90	1395.50	775.28	146.96	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
0.95	1473.03	775.28	69.43	379.54	1542.46	1154.82	1542.46
1.00	1550.56	775.28	-8.10	379.54	1542.46	1154.82	1542.46

从表 3-3 中供应链成员收益变化可知, 契约协调模型的平台供应链系统利润高于分散决策模型。为实现平台供应链协调, 设计收入共享契约。当 $0.50 < \eta < 0.75$ 时, 协调后的制造商和平台利润相比协调之前均有所提升, 并且协调后平台供应链系统利润等于集中决策下平台供应链系统利润, 故收入共享契约使平台供应链各成员实现帕累托改进^[54]。

3.6 本章小结

互联网技术的飞速发展使得区块链技术应用于平台供应链是大势所趋。投资区块链技术是提高平台供应链效益的重要手段。因此, 本章在考虑平台是否投资区块链分别建立集中决策和分散决策下四种不同模型, 并对比分析四种不同模型下的平台供应链中各成员的最优定价和利润。在此基础上, 设计收入共享契约来实现平台供应链协调, 并通过利用数值仿真得到如下研究结论与启示。其中 3.6.1 节总结主要结论, 3.6.2 节给出详细的管理启示。

3.6.1 主要结论

首先, 平台考虑区块链投资, 伴随消费者对产品检真时间和伪劣品的敏感系数增大, 产品的价格、需求以及制造商、平台和供应链利润都将减小。但消费者信任度增加时, 产品的价格、需求以及制造商、平台和供应链利润都增加; 其次, 当区块链技术成本小于某一阈值时, 考虑区块链投资时平台供应链系统利润高于不考虑区块链投资。此时, 平台和整个供应链都愿意投资区块链技术。此外, 本章发现, 无论平台是否投资区块链, 网络外部性增大使得产品的价格、需求以及制造商、平台和供应链的利润均增加。最后, 集中决策相较于分散决策更优。集中决策的销售价格与分散决策的产品批发价格相同。与集中决策相比, 分散决策下的产品销售价格较大, 平台供应链系统利润较小; 当收益共享率在一定范围时, 协调后的制造商和平台利润相比协调之前均有所提升, 并且协调后平台供应链系统利润等于集中决策下平台供应链系统利润。

3.6.2 管理启示

首先, 从平台管理角度出发, 平台应积极鼓励制造商参与使用区块链。投资区块链所带来的增益是双向的, 故平台在考虑区块链投资的同时应积极吸引制造

商参与其中。比如，平台可采用收入共享方式来促进制造商的积极性，使其主动地提高产品质量和收集整理产品信息；接着，平台在对区块链进行选择时，应慎重考虑再做决策。平台投资区块链技术是需要成本的，应从供应链系统利润的角度，考虑是否投资区块链技术对产品进行防伪溯源。最后，从制造商管理角度出发，制造商应与平台一起采取措施来增大网络外部性强度。平台可以利用区块链技术，对产品进行验真，从而提高消费者粘性和信任度。制造商可通过改善完善售后服务等措施，来提高消费者数量，从而实现平台供应链上各方收益的增加。

第4章 供应商竞争情形下考虑区块链投资的平台供应链决策研究

在第三章中，深入探讨垄断情形下考虑区块链投资的平台供应链决策研究。在垄断场景里，平台供应链决策主要围绕如何在自身主导的供应链中，针对与上下游不同决策方式以及区块链技术投资等不同情况进行合理定价，实现利益最大化。然而，现实市场并非总是被单一平台垄断，更多时候是存在多个供应商相互竞争的局面。

接下来，将视角切换到供应商竞争情形，深入研究考虑区块链技术的平台供应链决策研究。在供应商竞争的环境中，平台面临着新的挑战 and 机遇。不同供应商之间的竞争，将会影响着产品价格和区块链投资量。同样，平台供应链的平台拥有双边市场，引入双边市场理论，考虑其在这种竞争环境下也有着不同的表现形式和作用机制。在供应商竞争情形，主要考虑平台投资区块链技术与否，以及两个供应商针对区块链技术的不同态度。这使得平台在考虑区块链技术投资时，需要综合考虑更多因素，既要应对供应商之间的竞争压力，又要充分利用平台的双边市场特性网络外部性来提升自身和整个供应链的竞争力。本文假设该平台拥有特权信息地位，并决定是否投资以及与供应商合作投资区块链。同时，供应商也有权决定是否接受合作投资区块链技术。两者的共同决定将决定供应商和平台是否合作投资区块链技术。在此背景下，本文利用博弈论构建模型，求解得出平台供应链的最佳决策。具体来说，本文侧重于三个关键问题：

- (1) 平台考虑是否投资区块链？平台考虑投资时，供应商们和平台几方愿意合作投资区块链技术？
- (2) 区块链投资对供应链的参与者决策如何影响？
- (3) 网络外部性对平台供应链决策的影响机制？

4.1 问题描述与相关假设

本章假设由两个直接竞争的供应商（ A 和 B ）和一个平台（ O ）组成平台供应链。供应商 A 和供应商 B 都采用平台代理销售模式，在平台上设定各自的产品价格（ p_A 和 p_B ），并向平台供应产品。该平台向供应商 A 和供应商 B 收取一

定比例的佣金 (γ)，并将其产品出售给客户。平台考虑是否投资区块链；平台和供应商考虑是否合作投资区块链。模型的决策框架如图 4-1 所示。

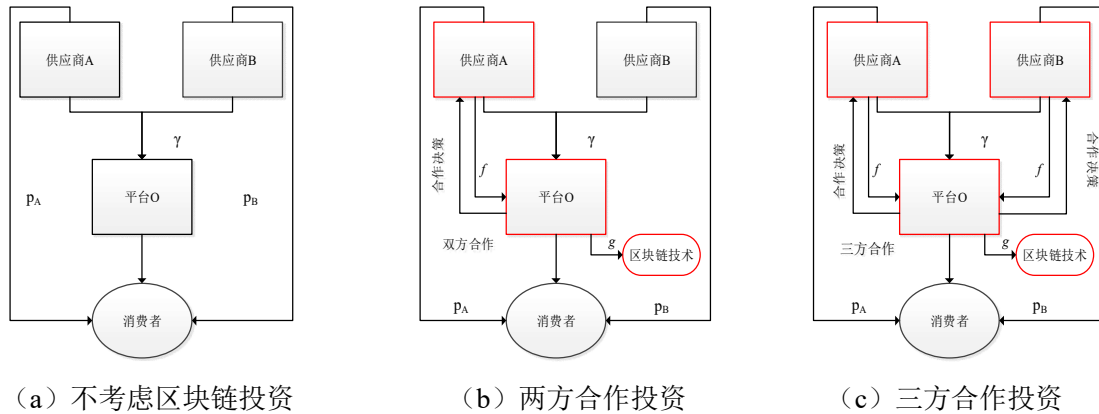


图 4-1 供应商竞争下平台供应链决策框架图

在实践中，京东、亚马逊和淘宝等平台托管着多家提供类似产品的供应商。本章通过假设存在两个生产替代产品的同质供应商来简化描述^[57]。为了证明该模型的普遍性，假设两家供应商都在代理销售模式下运营，并参与品牌博弈。此外，鉴于不同平台和产品类别的佣金率不同，假设这些佣金率是外生的^[58]。为了简化分析，参考 Yue 和 Liu 研究，假设两个供应商的边际生产成本为零，每个参与者都是风险中性的^[59]。

本章假设投资区块链会影响平台供应链中的所有参与者（平台、供应商和消费者）。对于平台来说，投资区块链技术需要产生相关成本。区块链技术的特点是复杂性和高成本。区块链引入促进供应商和平台之间产品信息的直接流动，从而提高消费者对使用区块链技术产品的认识和信任。因此，消费者更喜欢区块链产品而不是普通产品。对于供应商来说，合作投资区块链不仅产生相关成本，还将增加产品需求。此外，平台拥有双边市场，双边市场网络外部性是平台供应链的关键特征。因此，在研究平台供应链时需考虑双边市场网络外部性带来的影响。先前的研究表明，网络外部性与用户群体规模之间存在线性关系^[60, 61]。假设消费者得出的网络外部性与市场需求成线性比例，其中 a 表示市场消费者的潜在需求，网络外部性表示为 u ^[62]。由于网络外部性的存在，消费者数量的增加与对每种产品的需求增加相关。根据 Li 等^[63]和 Wu 等^[64]研究，对供应商产品的需求被建模为网络外部性、定价和区块链技术投资水平的线性函数。因此，不考虑区块链投资和考虑区块链投资的产品需求函数如下：

不考虑区块链投资时的产品需求函数

$$d_j^i = (1+u)a - (1+\beta)p_j^i + \beta p_{-j}^i \quad (4-1)$$

考虑区块链投资时的产品需求函数

$$d_j^i = (1+u)a - (1+\beta)p_j^i + \beta p_{-j}^i + \kappa g^i \quad (4-2)$$

在方程式 (4-2) 中, 参考 Shang 等^[57]研究 β 表示供应商竞争强度系数, κ 表示消费者对区块链的敏感系数, g 表示平台对区块链的投资量。区块链技术的实施需要与平台投资相关的成本, 以成本函数表示 $\frac{1}{2}mg^2$ 。其中, m 代表区块链技术的成本系数。基于边际成本递增原理, 借鉴 Li 和 Wan^[65]以及 Shang 等^[57]的研究成果, 将区块链成本建模为二次函数。此外, 供应商需支付与平台合作投资区块链所产生的费用为 f 。最后, 本章假设 $m(2+\beta)^2 - 4(1+\beta)\gamma\kappa^2 > 0$ 。为了确保后续模型中的利润函数中决策变量存在最优解。这一假设也有助于防止关于模型的琐碎讨论, 类似的假设可以在 Wang 等^[66]和 Ji 等^[67]中找到。

在供应链中, 两个供应商 A 和 B 参与纳什均衡博弈。平台 O 与供应商 A 和 B 进行 Stackelberg 博弈。过程如下: 在第一阶段, 平台 O 首先确定区块链技术的投资量和供应商的进入佣金。第二阶段: 平台和供应商决定是否合作投资区块链。在第三阶段: 供应商 A 和 B 确定各自产品的销售价格 (p_A 和 p_B)。本章所使用相关符号及说明如表 4-1。

表 4-1 相关符号及说明

符号	定义	符号	定义
a	消费市场潜在规模	p_j^i	供应商产品定价
u	网络外部性强度系数 $u \in (0,1)$	g^i	区块链技术投资水平
β	价格竞争强度系数 $\beta \in (0,1)$	d_j^i	消费者需求
γ	佣金 $\gamma \in (0,1)$	π_j^i	供应链成员的利润
k	消费者对区块链敏感度 $k \in (0,1)$	p_j^i	供应商产品定价
m	区块链技术成本系数	f	合作投资区块链成本
j	下标 $j = \{A, B, O\}$	i	上标 $i = \{SN, SO, SS\}$

4.2 模型构建与均衡分析

本节构建平台供应链最优决策模型。通过利用大数据和机器学习技术, 该平

台始终拥有大量的消费者信息。因此，本章假设该平台拥有信息主导权，并有权授权特定参与者合作参与区块链。此外，假设一旦达成信息协议，它是可观察的，对各方都有约束力^[68]。本章考察了基于平台考虑是否投资区块链以及与几方供应商合作投资的不同场景下的三种决策模型，如表 4-2 所示。符号 $\{NN, SN, SS\}$ 对应于三种不同的博弈情况：不考虑区块链投资（ NN ），表示利益相关者独立行动的情况。考虑到区块链实施需要供应链中所有利益相关者的参与；如果该平台独自使用区块链，它将不会投资于此技术。双方合作投资（ SN ），平台与单一供应商合作投资区块链技术。三方合作投资（ SS ），平台与两家供应商合作投资区块链技术。

表 4-2 考虑区块链合作与投资的策略组合

策略	平台与供应商 B 合作投资区块链技术		
		否	是
平台与供应商 A 合作	否	NN	SN
投资区块链技术	是	SN	SS

4.2.1 不考虑区块链投资

为了获得与其他模型进行比较的基准，首先不考虑区块链投资（ NN ）的情况，平台不投资区块链技术导致平台和供应商之间的信息不透明，从而阻止消费者追踪产品的来源。此时，产品需求函数为公式（4-1）。在这种情况下，每个参与者的利润函数如下：

供应商 A 的利润函数：

$$\pi_A^{NN} = (1 - \gamma)p_A d_A \quad (4-3)$$

供应商 B 的利润函数：

$$\pi_B^{NN} = (1 - \gamma)p_B d_B \quad (4-4)$$

平台 O 的利润函数：

$$\pi_O^{NN} = \gamma p_A d_A + \gamma p_B d_B \quad (4-5)$$

首先，该平台决定是否投资区块链技术以实现利润最大化。接着，它将最佳决策传达给两个供应商，这两个供应商随后根据平台提供的建议确定产品价格。通过反向归纳，可以推导出引理 4.1，附录 2 给出本章详细的描述和证明。

引理 4.1 当不考虑区块链投资时，均衡结果如下：供应商的最优定价、产品的需求以及供应商和平台的最优利润分别为 $p_A^{NN*} = p_B^{NN*} = \frac{a(1+\mu)}{D}$ ，

$$d_A^{NN*} = d_B^{NN*} = \frac{a(1+\mu)C}{D}, \quad \pi_A^{NN*} = \pi_B^{NN*} = \frac{(1-\gamma)a^2(1+\mu)^2C}{D^2} \text{ 和 } \pi_O^{NN*} = \frac{2\gamma a^2(1+\mu)^2C}{D^2}。$$

4.2.2 考虑区块链投资

4.2.2.1 双方合作投资 (SN)

在双方合作投资区块链下，平台只与单一供应商合作投资区块链技术。在这种情况下，供应商投资区块链后产品具有溯源功能，在消费者中更受欢迎。以供应商 A 和平台之间的合作为例，供应商 A 产品的需求函数为公式 (4-2)，而供应商 B 产品的需求函数为公式 (4-1)。平台确定区块链技术的投资量后，两家供应商根据自身情况其确定产品价格。每个参与者的利润函数如下：

供应商 A 的利润函数：

$$\pi_A^{SN} = (1-\gamma)p_A d_A - f \quad (4-6)$$

供应商 B 的利润函数：

$$\pi_B^{SN} = (1-\gamma)p_B d_B \quad (4-7)$$

平台 O 的利润函数：

$$\pi_O^{SN} = \gamma p_A d_A + \gamma p_B d_B - \frac{1}{2}mg^2 + f \quad (4-8)$$

引理 4.2 当两方合作投资时，均衡结果如下：供应商的最优定价、产品需求、平台最优投资量以及供应商和平台的最优利润分别为

$$\begin{aligned} p_A^{SN*} &= \frac{a(1+\mu)(mDE^2 + 2\beta C\gamma\kappa^2)}{mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2}, & p_B^{SN*} &= \frac{a(1+\mu)(mDE^2 - 4C^2\gamma\kappa^2)}{mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2}, \\ d_A^{SN*} &= \frac{a(1+\mu)C(mDE^2 + 2\beta C\gamma\kappa^2)}{mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2}, & d_B^{SN*} &= \frac{a(1+\mu)C(mDE^2 - 4C^2\gamma\kappa^2)}{mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2}, \\ g^{SN*} &= \frac{2a(1+\mu)CE^2\gamma\kappa}{mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2}, & \pi_A^{SN*} &= \frac{(1-\gamma)a^2(1+\mu)^2C(mDE^2 + 2\beta C\gamma\kappa^2)^2}{(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2} - f, \\ \pi_B^{SN*} &= \frac{(1-\gamma)a^2(1+\mu)^2C(mDE^2 - 4C^2\gamma\kappa^2)^2}{(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2}, & \text{和 } \pi_O^{SN*} &= \frac{2\gamma a^2(1+\mu)^2C(mE^2 - C\gamma\kappa^2)}{mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2} + f。 \end{aligned}$$

4.2.2.2 三方合作投资 (SS)

最后，考虑三方合作投资的情况，即平台与供应商 A 和 B 实现信息透明。在这种情况下，两个供应商提供的产品都满足消费者的可追溯性要求。因此，供应商 A 和 B 的产品需求函数均由公式 (4-2) 表示，每个参与者的利润函数如下：

供应商 A 的利润函数：

$$\pi_A^{SN} = (1-\gamma)p_A d_A - f \quad (4-9)$$

供应商 B 的利润函数：

$$\pi_B^{SN} = (1-\gamma)p_B d_B \quad (4-10)$$

平台 O 的利润函数：

$$\pi_O^{SN} = \gamma p_A d_A + \gamma p_B d_B - \frac{1}{2} m g^2 + f \quad (4-11)$$

引理 4.3 当三方合作投资区块链时，均衡结果如下：供应商的最优定价、产品需求、平台最优投资量以及供应商和平台的最优利润分别为

$$p_A^{SS*} = p_B^{SS*} = \frac{a(1+\mu)mD}{mD^2 - 4C\gamma\kappa^2}, \quad d_A^{SS*} = d_B^{SS*} = \frac{a(1+\mu)mDC}{mD^2 - 4C\gamma\kappa^2}, \quad g^{SS*} = \frac{4a(1+\mu)C\gamma\kappa}{mD^2 - 4C\gamma\kappa^2},$$

$$\pi_A^{SS*} = \pi_B^{SS*} = \frac{(1-\gamma)a^2(1+\mu)m^2D^2C}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^2} - f, \quad \text{和} \quad \pi_O^{SS*} = \frac{2\gamma a^2(1+\mu)^2mC}{mD^2 - 4C\gamma\kappa^2} + 2f. \quad \text{其中，供应商 } A$$

和 B 参与投资区块链的最优成本是 $f^{SS} = \frac{(1-\gamma)a^2(1+\mu)m^2D^2C}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^2}$ 。当 $f < f^{SS}$ ，

$$\pi_A^{SS*} = \pi_B^{SS*} > 0.$$

4.3 关键参数对决策影响分析

本节对上述三个模型最优解进行分析，讨论关键参数（消费者对区块链技术敏感度、竞争强度系数和网络外部性）对平台供应链（如定价、投资和利润）的影响。首先，探讨区块链对决策影响。

4.3.1 区块链对决策影响分析

本章考虑平台与供应商合作投资区块链技术后，两者之间信息更加透明，消费者可利用区块链技术对产品进行溯源。因此，考虑平台投资区块链将增加消费者需求，下面考虑消费者对区块链敏感系数对决策变量（区块链投资量和产品定价）的影响，具体见下面命题。

命题 4.1 消费者对区块链敏感系数对平台最优定价、最优投资量和供应链成员最优利润的影响如下： $\frac{\partial p_j^{i*}}{\partial \kappa} > 0$ ； $\frac{\partial g^{i*}}{\partial \kappa} \geq 0$ ； $\frac{\partial \pi_j^{i*}}{\partial \kappa} \geq 0$ ， $i = \{NN, SN, SS\}$ ， $j = \{A, B, O\}$ 。

根据命题 4.1 可知，消费者对区块链敏感系数增加，合作投资区块链的供应商的产品定价更高、平台投资区块链的投资量更大以及供应链中各成员的利润增加。最初，消费者对区块链敏感度提高反映了他们对区块链产品溯源技术等表示需要和信任。合作投资区块链的供应商的产品定价更高原因。一方面，区块链的投资导致消费者从供应商购买的商品数量增加。另一方面，与平台合作投资区块

链技术的供应商需承担特定的成本^[69]。供应商会提高他们的产品价格，将相关成本转嫁给消费者^[70]。因此，随着消费者对区块链技术敏感度增加，供应商可能会提高他们的产品价格。鉴于平台收入来源于供应商在平台销售商品抽取的单位佣金，供应商销售的产品数量增加，平台将更愿加大区块链投资量。最后，随着消费者对区块链技术敏感系数增加，平台和供应商的利润上升。这归因于消费者对区块链更敏感，认为可利用区块链进行溯源的产品与传统产品差距大，更愿意购买利用区块链的产品。据前面描述可知，消费者对区块链敏感系数上升导致更高的消费者对产品需求和供应商定价，进一步使得供应商和平台的利润增加。

4.3.2 竞争强度对决策影响分析

供应商竞争情形，两个供应商产品定价方面存在竞争。下面针对供应商竞争情形的供应链特点，研究供应商产品定价竞争强度对平台供应链的决策影响。具体见命题 4.2。

命题 4.2 供应商之间价格竞争系数对供应商的最优定价、平台区块链最优投资量以及供应商和平台最优利润的影响情况如下： $\frac{\partial p_j^*}{\partial \beta} < 0$ ； $\frac{\partial g^*}{\partial \beta} \leq 0$ ； $\frac{\partial \pi_j^*}{\partial \beta} < 0$ 。

命题 4-2 表明，随着供应商之间价格竞争强度的加剧，供应商产品价格和平台投资区块链技术水平均下降。供应商之间价格竞争表明，竞争强度的增加（或减少）通常会导致供应商在市场内的议价能力下降（或增加）。在竞争激烈的环境中，消费者往往有更多的选择，这促使售卖产品的供应商只能降低产品价格来吸引客户。供应商定价下降，平台收益也将下降。此时，平台将降低区块链投资量以最大限度地降低成本^[71]。此外，供应商之间价格竞争激烈，供应链中各成员的利润均下降。据前面内容可知，随着价格竞争强度的加剧，供应商可能会实施降价策略，导致供应商利润下降。同时，考虑到平台的利润来自向供应商收取的销售产品佣金与区块链合作成本。因此，如果供应商无利可图，收益持续较低，平台利润自然将下降。

4.3.3 网络外部性对决策影响分析

平台供应链中平台具有双边市场，双边市场典型特征是网络外部性。考虑双边市场内容，研究网络外部性对平台供应链的决策影响。具体见命题 4.3。

命题 4.3 网络外部性对供应商的最优定价、平台区块链最优投资量以及供应

商和平台最优利润的影响情况如下： $\frac{\partial p_j^{i*}}{\partial u} > 0$ ； $\frac{\partial g^{i*}}{\partial u} \geq 0$ ； $\frac{\partial \pi_j^{i*}}{\partial u} \geq 0$ 。

命题 4.3 表示，随着网络外部性扩大，供应商产品价格和平台投资区块链技术水平均下降。对根据前文假设可知，网络外部性的价值在于扩大池子市场上的潜在消费者，从而增加整体消费者数量^[72]。如果供应商不能及时扩大生产规模以满足不断增长的需求，他们会采取提高产品价格方式来应对产品需求的增长。网络外部性会导致供应商产品定价更高。此时，与平台合作投资区块链技术的供应商将进一步激励平台投资区块链技术。最后，随着网络外部性的扩大，供应商和平台的利润也逐渐增加。由于网络外部性进一步放大消费者对供应商产品的需求。根据前面所述，网络外部性促进供应商产品定价的上涨，因而供应商和平台的利润均增加。

4.4 比较分析

本节先比较不同决策变量之间的差异及其原因。随后，比较不同情况下利润之间的关系，并进一步分析其原因。在本节中，研究区块链对平台供应链决策的影响，对上述三种情况的模型均衡结果进行分析。首先，对不同情形下产品的定价进行比较。接着，不同情形下的平台供应链各成员的利润进行比较。下面是价格比较，具体见命题。

4.4.1 价格比较分析

本节比较三个模型下定价决策的差异。具体见命题 4.4。

命题 4.4 供应商在不同情形下的产品最优定价关系如下：

$$p_A^{SS*} = p_B^{SS*} > p_A^{SN*} > p_B^{SN*} > p_B^{NN*} = p_A^{NN*}。$$

命题 4.4 明确供应商 A 和供应商 B 在不同情况下的定价决策。图 4-2 直观地说明了定价差异。随着该平台与越来越多的供应商合作投资区块链技术，他们的产品价格也相应上涨。伴随供应商合作投资区块链，消费者、供应商和平台之间的信息透明度得到提高。消费者越来越愿意使用区块链技术购买产品，供应商也愈加熟悉消费者特征。因此，这将提高供应商与投资区块链技术的平台合作的意愿，并导致其产品价格上涨。

命题 4.4 发现两个有趣的内容。首先，在 SN 情况下，与非合作供应商相比，合作投资区块链技术的供应商的产品价格更高。由于投资区块链技术的相关成本，

供应商必将提高消费者价格。更重要的是，消费者对区块链敏感度愈高，他们更愿意为此类产品支付溢价。因此，供应商有更大的自由度对其产品施加更高的价格。最后，投资区块链供应商和不投资区块链供应商两者之间的差距在扩大，投资区块链的供应商的议价能力也在提高。因此，投资区块链的供应商会提高产品价格，这与典型的供应商行为是一致的。

其次，研究表明，当供应商合作投资区块链时，非合作供应商的产品价格往往会上涨（ $p_B^{SN*} > p_B^{NN*}$ ）。当三方合作投资区块链时，与双方合作的情况相比，投资该技术的供应商收取的价格也会增加（ $p_A^{SS*} > p_A^{SN*}$ ）。这些现象是违反直觉的。这两种情况中的有利于不变的供应商，他们与平台的合作方式不发生任何更改。将把那些在不改变当前战略的情况下受益的供应商称为“不变的供应商”，而那些状态变为合作的供应商将称为“改变的供应商”。通常，不变的供应商倾向于降低产品价格，以增强其竞争优势。如果不变的供应商意识到消费者对其产品的需求正在增加，他们会决定提高价格，尤其是在供应有限的情况下。这种行为类似于本文中描述的现象，称为“搭便车”^[73]。当发生搭便车时，一方从资源中受益，而不产生任何成本^[74]。本章中详细介绍的“搭便车”行为表现为一个供应商从另一个供应商投资区块链中受益，而不会产生额外成本。“搭便车”的积极方面不容忽视^[75]。区块链的投资改善成员之间的需求共享信息，不变的供应商通过使用改变的供应商的区块链享受“搭便车”。因此，“搭便车”在平台供应链管理中的积极作用包括提高消费者对产品信息理解，增加供应商对产品的定价。

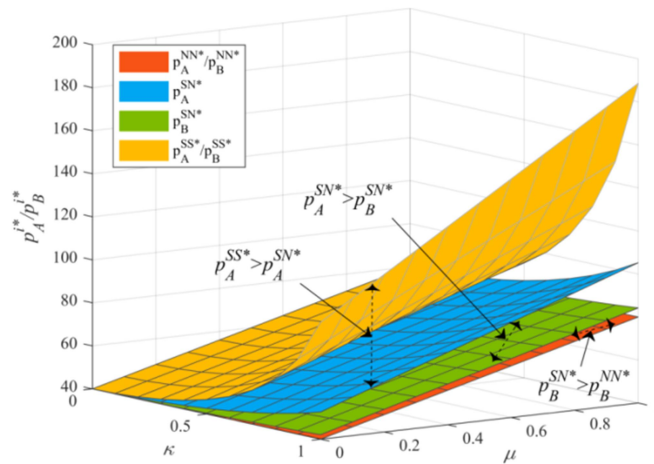


图 4-2 比较定价差异

接下来，将对上述两个有趣的发现进行深入分析。以供应商 A 为例，具体分

析如推论 4.1 所示。

推论 4.1 消费者对区块链敏感度、价格竞争系数和网络外部性对产品最优定价差异的影响如下：(1) $\frac{\partial(p_A^{SS*} - p_A^{SN*})}{\partial \kappa} > 0$, $\frac{\partial(p_A^{SN*} - p_B^{SN*})}{\partial \kappa} > 0$; (2) $\frac{\partial(p_A^{SS*} - p_A^{SN*})}{\partial \beta} < 0$, $\frac{\partial(p_A^{SN*} - p_B^{SN*})}{\partial \beta} < 0$; (3) $\frac{\partial(p_A^{SS*} - p_A^{SN*})}{\partial u} > 0$, $\frac{\partial(p_A^{SN*} - p_B^{SN*})}{\partial u} > 0$ 。

推论 4.1 表明，随着消费者对区块链敏感系数增加，保持不变的供应商受到与其他供应商合作投资区块链的影响，也将大幅调整其产品的定价。相反，这种调整的程度可能不那么明显。这表明消费者对区块链敏感系数增加，“搭便车”行为的可能性增加。图 4-3 展示区块链技术、竞争和网络外部性和对价格差异的影响。假设消费者对区块链不敏感，则系数接近于零。在这个关头，无论是两方还是三方合作投资区块链，消费者对产品的感知都不会受到供应商投资区块链的影响。不变的供应商没有任何“搭便车”的机会。此外，消费者对区块链敏感度增加放大了投资区块链导致的价格差异。消费者对区块链敏感度表明消费者愿意为投资区块链供应商的产品和服务支付更高的价格，从而进一步增加投资区块链所产生的价格差异。

其次，供应商之间的价格竞争激烈将减少“搭便车”行为。首先，价格竞争强度的增加意味着该产品缺乏竞争优势。供应商在目睹竞争对手受益而不产生成本时可能会感到心理困扰，导致他们不愿意让竞争对手参与“搭便车”行为。其次，激烈的竞争促使供应商提升其产品或服务，以吸引消费者并使自己与竞争对手区别开来。在竞争激烈的市场环境中，供应商需努力提高竞争力和产品质量，以获得消费者的认可和青睐。

接着，在竞争激烈的环境中，供应商不太可能“搭便车”，因为他们必须保持在市场上的竞争力。“搭便车”通常涉及依赖他人的努力来获得利益，这会破坏供应商自身的竞争力和可持续发展。总体而言，竞争激烈的市场环境迫使供应商提高竞争力和价值，从而减少“搭便车”行为。此外，供应商之间的激烈竞争缓解区块链技术造成的价格差异。在竞争日益激烈的市场环境中，供应商经常调整定价策略以争夺市场份额，从而使价格与成本更加接近。因此，即使合作投资区块链，产品之间的价格差异可能也不大。

最后，随着网络外部性强度的增加，供应商对产品定价的调整变得更加明显。

这表明，网络外部性强度的增加扩大了供应商参与“搭便车”行为的可能性。网络外部性的存在和提高增加了市场上潜在消费者的数量。例如，如果伊利加入京东的智臻链区块链，产品的成本就会增加，自然会导致其定价的上涨。这种情况使竞争对手蒙牛获得了价格优势。在这个关头，无论他们是否合作投资区块链，随着潜在消费者数量的增加，尤其是在供应短缺的情况下，保持不变的供应商都会提高产品价格。此外，网络外部性增强了合作投资区块链产生的定价差异。网络外部性的增加表明，随着消费者数量的增加，对供应商产品的需求将进一步扩大。通过区块链增强消费者信任将增加消费者的数量。在网络外部性推动下，区块链技术的投资显著增加消费者的数量。因此，网络外部性的增加将扩大供应商产品的定价差异。

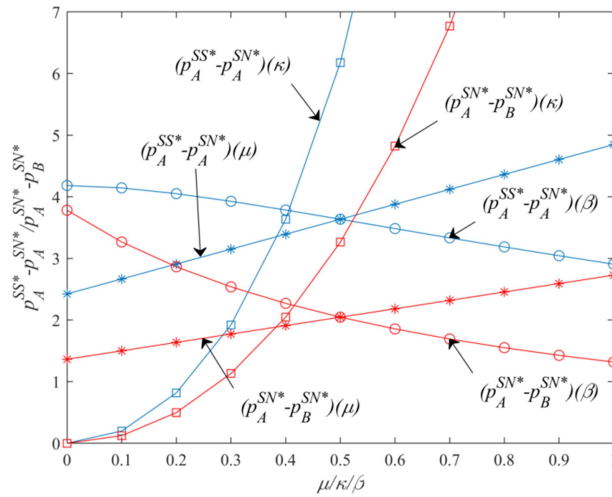


图 4-3 κ ， β 和 μ 对价格差影响

4.4.2 投资量比较分析

下面，比较不同情形下平台区块链投资量变化。具体内容见命题 4.2。

命题 4.5 不同情形平台区块链技术最优投资量之间的关系：

$$g^{SS*} > g^{SN*} > g^{NN*} = 0。$$

命题 4.5 表明，平台在区块链技术上的投资在三种不同情况下的关系如下：平台与之合作投资区块链技术的供应商数量越多，平台对该技术的投资就越高。这意味着，无论供应商竞争的强度、网络外部性和消费者对区块链技术的敏感性如何，随着平台供应链内合作成员数量的增加，对区块链技术的投资也将相应增长。图 4-4 不仅比较了决策变量的相对大小，还说明了竞争、网络外部性和消费者对区块链技术的敏感性对投资量的影响。

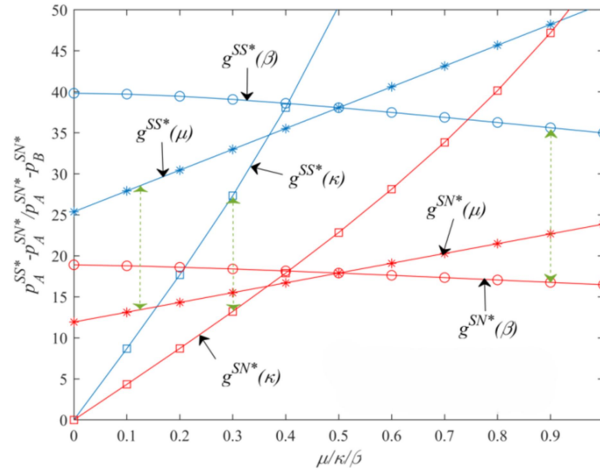


图 4-4 μ ， κ 和 β 对区块链技术投资量的影响

4.4.3 利润比较分析

本节研究不同供应链成员在不同情况下（ NN 、 SN 、 SS ）的表现，以帮助成员更好地投资区块链。命题 4.6 证明在不同情况下平台利润关系。

命题 4.6 不同情况下平台的利润关系： $\pi_O^{SS} > \pi_O^{SN} > \pi_O^{NN}$ 。

命题 4.6 表明，在三方合作投资区块链技术对平台最有利。图 4-5 说明平台利润的差异。具体来说，随着与平台合作投资区块链技术的供应商数量的增加，该平台的利润也会增长。一方面，如果供应商参与合作投资区块链技术，他们将承担平台投资成本的一部分。相反，如果供应商参与合作投资区块链技术，平台与供应商之间的信息透明度将得到增强。供应商可更为有效地确定市场趋势和消费者偏好，从而调整定价策略以优化利润。与该平台合作的供应商需要汇出一定比例的利润作为佣金。对于平台来说，随着供应商利润的增加，平台的利润也随之上升。因此，当三方合作投资区块链技术时，对平台来说是最有利的。

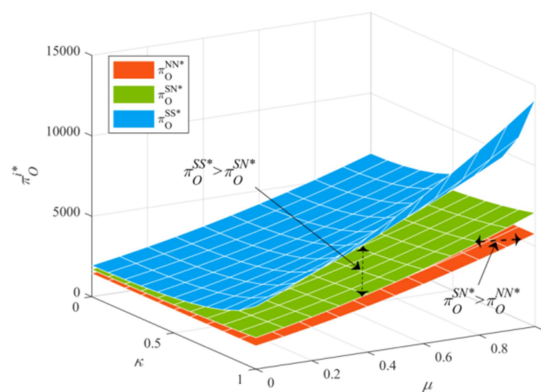


图 4-5 平台利润大小比较

随后, 研究不同情况的供应商利润之间的关系。具体结果见命题 4.4。

命题 4.7 供应商 A 和供应商 B 的利润比较如表 4-3 所示:

表 4-3 供应商 A 和供应商 B 的利润比较

供应商利润	条件	结论
	$f < f^{SA-SB}$	$\pi_A^{SS*} = \pi_B^{SS*} > \pi_A^{SN*} > \pi_B^{SN*} > \pi_A^{NN*} = \pi_B^{NN*}$
$\pi_A^{NN*}, \pi_B^{NN*},$	$f^{SA-SB} < f < f^{SA-NN}$	$\pi_A^{SS*} = \pi_B^{SS*} > \pi_B^{SN*} > \pi_A^{SN*} > \pi_A^{NN*} = \pi_B^{NN*}$
$\pi_A^{SN*}, \pi_B^{SN*}, \pi_A^{SS*},$	$f^{SA-NN} < f < f^{WW-SB}$	$\pi_A^{SS*} = \pi_B^{SS*} > \pi_B^{SN*} > \pi_A^{NN*} = \pi_B^{NN*} > \pi_A^{SN*}$
$\pi_B^{SS*}.$	$f^{WW-SB} < f < f^{WW-NN}$	$\pi_B^{SN*} > \pi_A^{SS*} = \pi_B^{SS*} > \pi_A^{NN*} = \pi_B^{NN*} > \pi_A^{SN*}$
	$f^{WW-NN} < f$	$\pi_B^{SN*} > \pi_A^{NN*} = \pi_B^{NN*} > \pi_A^{SS*} = \pi_B^{SS*} > \pi_A^{SN*}$

注: f^{SA-SB} 代表 π_A^{SN*} 和 π_B^{SN*} 大小的临界值; f^{SA-NN} 代表 π_A^{SN*} 和 π_A^{NN*} 利润大小的临界值; f^{WW-SB} 代表 π_B^{SS*} 和 π_B^{SN*} 利润大小的临界值; f^{WW-NN} 代表 π_A^{SS*} 和 π_A^{NN*} 利润大小的临界值。

命题 4.7 表明, 当成本较高时, 表 4-3 的第 4 和 5 两行表明, 与平台合作投资区块链的供应商比不合作的供应商利润较低。这意味着, 当与平台合作投资区块链, 平台施加的区块链相关成本过高, 供应商和平台合作就会成为一种负担。在这个关头, 供应商不太可能与该平台合作。相反, 当投资区块链的成本较低时, 表格的第一行表示与平台合作投资区块链的供应商获得最高的利润。最后, 如果与投资区块链技术相关的成本适中, 如表 4-3 的第 2 和 3 两行所示, 则为三方合作投资区块链技术最合适。但是, 如果只有两方合作投资区块链技术, 则不变的供应商可能有机会“搭便车”, 从而为未投资的供应商带来比投资供应商更大的利润。这对合作供应商是不利的。如果供应商有大局意识, 并与平台合作投资区块链技术, 以实现供应链的集体利益, 则可能会出现双向的“搭便车”现象, 从而实现三方共赢。双向的“搭便车”现象可为供应链中的参与者带来额外的好处。例如, 增加整体市场份额和提高利润^[76]。当两个供应商愿意与平台合作投资区块链技术时, 他们可以从彼此的投资工作中受益匪浅。区块链技术和“搭便车”的综合效应显著增加了产品需求。尽管两家供应商都承担投资成本, 但更高的定价和增加的产品需求对他们的最佳回报产生主导影响, 从而产生了互惠互利的结果。

拥有较大市场份额的供应商从投资区块链技术中获得更大的收益^[77]。与本文一致, 当只有一个供应商与平台合作投资区块链技术时(以供应商 A 合作为例), 供应商 A 的市场需求和市场份额高于供应商 B 。在 SN 情况下, 供应商 A 的销量高于供应商 B , 这表明平台供应链通过区块链技术促进信息共享等, 从而受益于

规模经济。从 NN 情况过渡到 SN 情况，然后过渡到 SS 情况，与区块链投资相关的固定成本在影响供应商利润方面起着关键作用。因此，在决定是否与平台合作投资区块链时，供应商不仅需考虑区块链带来的好处，还需考虑相关的投资成本。图 4-6 说明在不同成本条件下两个供应商之间的盈利能力差异。

值得注意的是，观察到不变的供应商会受到另一家在区块链技术上与平台合作的供应商的影响。当三方合作投资区块链技术时，供应商 A 的利润超过两方合作时的利润（ $\pi_A^{SS*} > \pi_A^{SN*}$ ）。同样，当只有供应商 A 与平台合作时，供应商 B 的利润超过了平台不与任何供应商合作时的利润（ $\pi_B^{SN*} > \pi_B^{NN*}$ ）。根据命题推论 4.1 不变的供应商通过“搭便车”行为来提高利润。

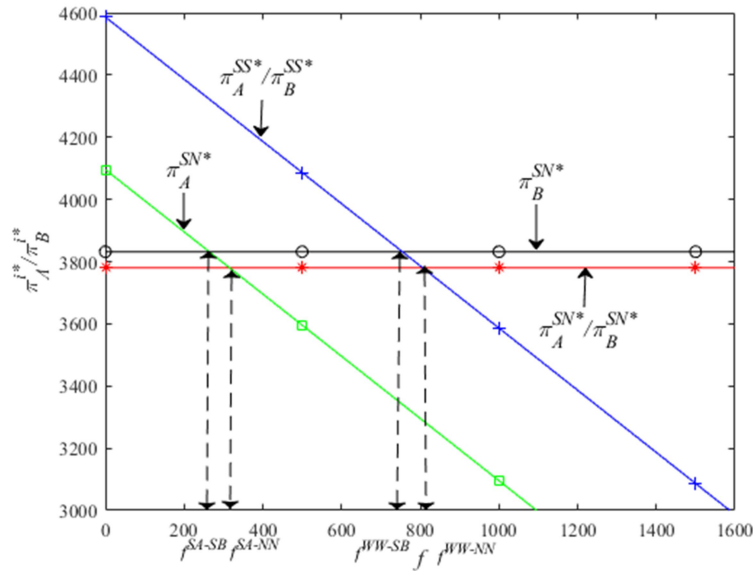


图 4-6 供应商利润大小关系

4.5 本章小结

随着科技的发展和进步，区块链技术的出现影响了平台供应链内部成员的决策行为^[78]。与传统的线下经济不同，网络外部性在平台供应链的运营和管理中起着至关重要的作用。然而，专注于平台供应链区块链技术的合作投资的研究，特别是在网络外部性的背景下，仍然是有限。本章介绍一个由两个供应商和一个平台组成的平台供应链。利用 Stackelberg 博弈模型分析考虑区块链投资对平台供应链决策，以及不同合作投资方式下产品定价和盈利能力如何。在本节中，第 4.5.1 和 4.5.2 小节总结了本章的主要发现和管理启示。

4.5.1 主要结论

基于上述理论和命题，研究结果表明，投资区块链明显平台利润大于不考虑投资区块链。当只有一个供应商与平台合作投资区块链技术时，不变的供应商很可能会进行“搭便车”行为。与两方合作投资区块链相比三方合作投资区块链技术为最佳情形。两个供应商互相搭便车，为三方创造双赢的局面。需要注意的是，供应商在将区块链技术与平台投资时，应注意与合作相关的成本，因为适当的成本结构将激励供应商与平台有效互动。这种行为导致他们产品的定价和利润增加。最后，发现激烈的竞争会降低供应商从事“搭便车”行为的可能性。网络外部性或消费者对区块链技术的信任度的增加扩大了供应商“搭便车”行为的可能性。

4.5.2 管理启示

从提升平台供应链管理的角度来看，以下几点可以帮助管理者制定更好的运营策略和实施计划：

首先，供应商在与平台合作投资区块链技术时需要考虑成本。如果成本较低或适中，供应商将愿意合作并投资区块链技术来实现多方共赢。但是，如果成本太高，投资区块链技术不再是一个可行的选择。

其次，平台应意识到区块链技术和网络外部性对消费者的影响。基于此，平台可以加大对区块链技术的投入，增强网络外部性。例如，该平台可以适当地宣传区块链技术给消费者带来的好处。这将吸引更多的用户，并最终为平台带来更多的好处。

最后，重要的是要考虑供应商的搭便车行为，因为它可能会损害其他供应商的利益。平台供应链经理可以通过制定相应的策略来解决搭便车问题，以更好地了解 and 解决潜在的协作问题。政府还可以通过征税或收取使用费来补偿搭便车造成的损失。双向“搭便车”理论可用于设计激励措施，鼓励公司积极参与合作并投资区块链技术。

第5章 平台竞合情形下考虑区块链投资的平台供应链决策研究

在第四章节中，深入剖析供应商竞争情形下考虑区块链投资的平台供应链决策研究。在该供应商竞争情境下，由于供应商之间存在着激烈的竞争关系，致使平台在供应链管理中面临着一系列复杂问题。然而，市场环境具有高度的复杂性和动态性。除了供应商竞争这一关键因素外，平台之间更加复杂，大多不仅存在竞争还有合作（竞合），在很大程度上影响着平台供应链的决策行为。接下来，本章将把研究视角转向平台竞合情形，深入探究考虑区块链投资的平台供应链决策。鉴于竞合情形下结构较为复杂，本章不在考虑平台双边市场的网络外部性，将重点放在平台竞合市场结构下的考虑区块链投资等研究。本章的竞合策略是指平台做出的决定，允许竞争对手加入平台，并利用其在市场的影响力^[79]。小型平台可以利用大型平台来接触以前不知道他们的客户。换句话说，竞合策略为消费者提供了第三种渠道选择。例如，京东允许一些小型平台，如盒马生鲜，在其平台上销售产品。与此同时，一些平台已经开始实施区块链来跟踪产品的来源和分销，从而提高透明度^[80]。鉴于投资区块链会产生巨大的成本，只有大平台有足够的资源和能力来投资。但是，如果大平台单独投资于区块链，则大平台和小平台之间存在服务差异。此时，实施竞合策略的平台会将区块链视为影响因素。例如，京东推出了基于其销售的产品可追溯性服务为京东带来可观的额外收入，但它不可避免地会加剧两个平台之间对消费市场的竞争。因此，本章构建平台竞合情形下考虑区块链投资的平台供应链决策模型，旨在回答以下问题：

- （1）区块链如何影响平台（大平台和小平台）和供应商定价？
- （2）大平台和小平台实施竞合的条件？
- （3）区块链如何影响平台竞合？

5.1 问题描述与相关假设

构建一个由供应商、大平台和小平台组成的平台供应链。这两个平台为消费者提供同质化的产品。供应商分别向大平台和小平台收取批发价为 ϵw 和 w ，

($\epsilon \in (0,1)$)。本章涵盖的所有变量如表 5-1 所示。 ϵ 表示供应商给予大平台的价格折扣。由于大平台的销售量和影响力更大，大平台比小平台更有效地与供应商讨价还价。因此，供应商将为其提供价格折扣。平台供应链包括两个销售渠道：大平台和小平台，它们通过自己的软件或网站独立销售产品。在本章中，在一般的两个销售渠道基础上考虑合作产生的第三种渠道，如下所示：大平台决定是否向小平台开放，而小平台决定是否将其产品放在大平台上销售。当大平台开放并且小平台接受小平台时，新的通道支持消费者在大平台上购买小平台的产品。如果大平台拒绝打开或小平台不接受合作，则不存在竞合。将这两种场景称为实施竞合和不实施竞合场景，用上标 i ($i \in (C, I)$) 表示，其中 C 代表实施竞合策略， I 代表不存在竞合策略。图 5-1 显示不同场景的决策框架。

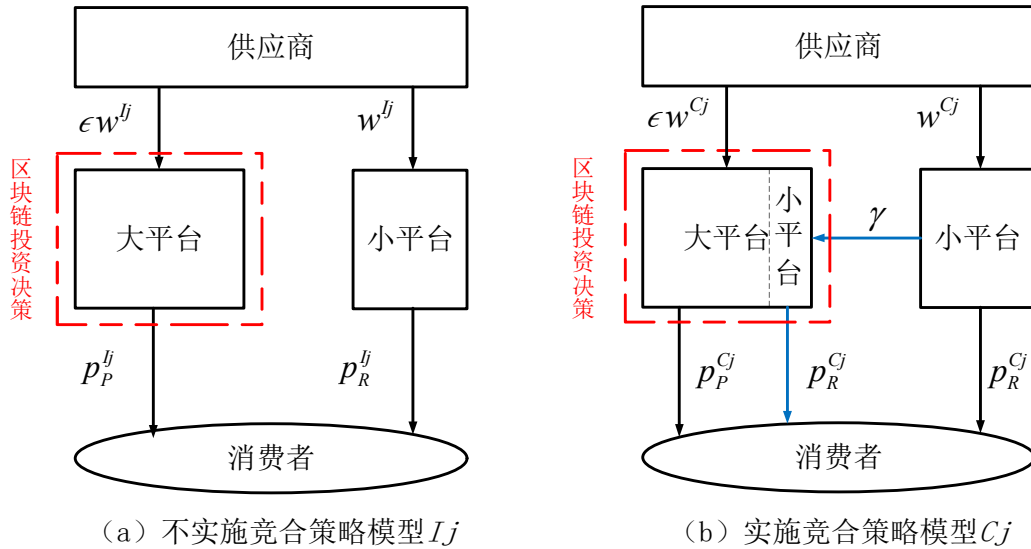


图 5-1 平台供应链决策框架图

在实施竞合场景中，消费者面临三个的渠道选择用下标 n 表示。其中， $n \in (A, B, E)$ ：（1）直接从大平台（称为渠道 A ）购买产品；（2）直接从小平台（称为渠道 B ）购买产品；（3）从大平台上的合作渠道（称为渠道 E ）购买小平台提供的产品。当平台供应链实施竞合策略时，小平台需要给大平台一定比例的收入分成用 γ 表示。大平台和小平台分别收取 p_p 和 p_R 的消费者价格。为了简化计算，合作渠道不考虑额外定价。在不实施竞合策略的场景，消费者只能独立于大平台或小平台渠道购买产品。文章涉及符号和内容较多，将其汇总得下面表格，如表 5-1 所示。

表 5-1 相关符号及说明

符号	描述
a	了解小平台的消费者比例
m	竞合时消费者对小平台产品消费者估值增加量
γ	合作渠道内大平台和小平台交易的收益分成比例
f	投资区块链的固定成本
ϵ	供应商给大平台的价格折扣
p	平台定价
k	消费者在小平台购买产品获得的估值
b	大平台投资区块链时消费者对产品的估值增加量
β	从合作渠道购买小平台产品的消费者比例
x	小平台与大平台分享的收益共享率
p_z^{ij}	平台产品定价
w_z^{ij}	供应商向小平台收取的批发价格
u_z^{ij}	消费者购买平台产品的效用函数
$d_{n/z}^{ij}$	平台或者渠道需求
π_z^{ij}	平台供应链成员利润
i	两个平台是否实施合作性策略 $i \in (I, C)$
j	大平台是否投资区块链 $j \in (N, Y)$
n	不同销售渠道 $n \in (A, B, E)$
z	平台供应链成员 $z \in (P, R, S)$

注： IN 不考虑区块链投资下不竞合策略； CN 不考虑区块链投资下竞合策略； IY 考虑区块链投资下不竞合策略； CY 考虑区块链投资下竞合策略。

5.2 模型构建与均衡分析

本节将对问题进行建模求解。具体内容见下文。

5.2.1 不考虑区块链投资

5.2.1.1 不实施竞合策略（ IN ）

当不考虑区块链投资下也不实施竞合策略时，从大平台和小平台的购买行为中获得的消费者效用分别为 $u_P^{IN} = 1 - p_P^{IN}$ 和 $u_R^{IN} = k^{IN} - p_R^{IN}$ 。通过设置 $u_P^{IN} = u_R^{IN}$ ，得到了无差异点 $k^{IN*} = 1 - (p_P^{IN} - p_R^{IN})$ 。因此，如果消费者从小平台购买产品的估值低于此阈值 $k < k^{IN*}$ ，则消费者愿意选择从大平台购买；否则消费者从小平台 $k \geq k^{IN*}$ 购

买产品。因此，在场景 IN 中，如图 5-3（a）所示，大平台和小平台对产品的需求分别为 $d_A^{IN} = ak^{IN*} + (1-a)$ 和 $d_B^{IN} = a(1-k^{IN*})$ 。

在 IN 场景中，这两个平台独立运营，并通过收取产品销售费用来赚取利润。根据上述模型，两个平台的渠道需求分别为 $d_A^{IN} = 1 - ap_P^{IN} + ap_R^{IN}$ 和 $d_B^{IN} = a(p_P^{IN} - p_R^{IN})$ 。将平台供应链成员的利润函数形式化为：

$$\pi_P^{IN} = (p_P^{IN} - \epsilon w^{IN}) d_A^{IN} \quad (5-1)$$

$$\pi_R^{IN} = (p_R^{IN} - w^{IN}) d_B^{IN} \quad (5-2)$$

$$\pi_S^{IN} = \epsilon w^{IN} d_A^{IN} + w^{IN} d_B^{IN} \quad (5-3)$$

考虑的决策顺序如下：在第一阶段，供应商首先决定批发价格。在第二阶段，大平台和小平台同时决定产品的定价。使用反向归纳法来推导一个子博弈完美均衡，其中双方都致力于价格竞争以最大化各自的利润。具体的博弈顺序如图 5-2 所示。平衡结果为引理 5.1。附录 3 给出本章详细的描述和证明。

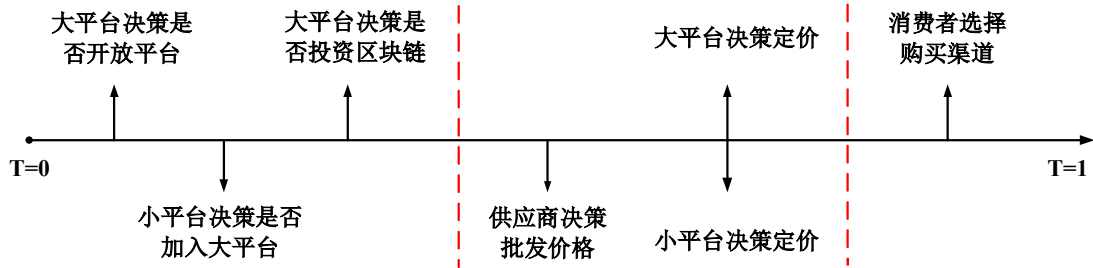


图 5-2 博弈序列图

引理 5.1 当不考虑区块链投资下也不进行竞合策略时，均衡结果如下：渠道 A 和 B 的最优定价为 $p_P^{IN*} = \frac{5-4\epsilon+8\epsilon^2}{6aG^2}$ 和 $p_R^{IN*} = \frac{4+\epsilon+4\epsilon^2}{6aG^2}$ ；最优批发价格为： $w^{IN*} = \frac{1+2\epsilon}{2aG^2}$ ；渠道 A 和 B 的最佳需求为 $d_A^{IN*} = \frac{3+2G}{6G}$ 和 $d_B^{IN*} = \frac{4G-3}{6G}$ ；平台供应链成员的最佳利润分别为 $\pi_P^{IN*} = \frac{(5-2\epsilon)^2}{36aG^2}$ 、 $\pi_R^{IN*} = \frac{(1-4\epsilon)^2}{36aG^2}$ 和 $\pi_S^{IN*} = \frac{(1+2\epsilon)^2}{12a(-1+\epsilon)^2}$ ， $G=1-\epsilon$ 。考虑到非负需求，得到约束条件 $0 < \epsilon \leq \epsilon_1$ ，其中 $\epsilon_1 = \frac{1}{4}$ 。

5.2.1.2 存在竞合（CN）

在不考虑区块链投资下实施竞合策略时，在新合作渠道开发后，小平台可以在大平台上销售其产品。由于平台上存在大量消费者，小平台得到了大平台的支持，消费者对小平台产品的估值受到推高。从大平台和小平台购买产品获得的消费者效用分别为 $u_P^{CN} = 1 - p_P^{CN}$ 和 $u_R^{CN} = m + k^{CN} - p_R^{CN}$ 。通过设置 $u_P^{CN} = u_R^{CN}$ ，得到无差点

$k^{CN*} = 1 - (p_P^{CN} - p_R^{CN}) - m$ 。此外，由于大平台上存在合作通道，因此所有消费者都知道小平台。此时，消费者对两个平台的认知水平相同。因此，在竞合的场景中，如图 5-3 (c) 所示，大平台上对产品的需求为 $d_A^{CN} = k^{CN*}$ 。事实上对小平台产品的需求又可以分为两部分。假设从合作渠道购买小平台产品的消费者比例为 β 。同时，对小平台的需求剩余部分是直接从小平台独立购买的需求。这时对合作渠道的产品需求是 $d_E^{CN} = \beta k^{CN*}$ ，直接购买小平台渠道产品的需求是 $d_B^{CN} = (1 - \beta)k^{CN*}$ 。为了简化文本中的变量，令 $x = \beta\gamma$ ， x 指的是当存在竞合时，小平台与大平台分享的收益共享率。

在 CN 场景中，大平台和小平台之间存在竞合。小平台将其商品投放到大平台上销售的合作渠道上。根据所描述的模型， A 、 B 和 E 的渠道需求为 $d_A^{CN} = 1 - p_P^{CN} + p_R^{CN} - m$ ， $d_B^{CN} = (1 - \beta)(m + p_P^{CN} - p_R^{CN})$ 和 $d_E^{CN} = \beta(m + p_P^{CN} - p_R^{CN})$ 。将平台供应链成员的利润函数化为：

$$\pi_P^{CN} = (p_P^{CN} - \epsilon w^{CN})d_A^{CN} + \gamma p_R^{CN} d_E^{CN} \quad (5-4)$$

$$\pi_R^{CN} = (p_R^{CN} - w^{CN})d_B^{CN} + (1 - \gamma)p_R^{CN} d_E^{CN} - w^{CN} d_E^{CN} \quad (5-5)$$

$$\pi_S^{CN} = \epsilon w^{CN} d_A^{CN} + w^{CN} (d_B^{CN} + d_E^{CN}) \quad (5-6)$$

使用逆向归纳法来推导子博弈完美均衡，其中双方都致力于价格竞争以最大化各自的利润。平衡结果为引理 5.2。

引理 5.2 当不考虑区块链投资下实施竞合策略时，均衡结果如下：两平台的最优定价为 $p_P^{CN*} = \frac{J(2 - mJ) + (1 + x + 2J\epsilon)w^{CN*}}{JK}$ 和 $p_R^{CN*} = \frac{(1 + m)J + (2 + J\epsilon)w^{CN*}}{JK}$ ；最优批

发价格为 $w^{CN*} = \frac{1 + m + (2 - m - x)\epsilon}{2G^2}$ ；渠道 A 和 B 的最佳需求为

$$d_A^{CN*} = \frac{5 - mG - 2x - 2\epsilon + x\epsilon}{2KG}, \quad d_B^{CN*} = \frac{(1 - \beta)(1 + m - (4 + m - x)\epsilon)}{2KG} \quad \text{和}$$

$d_E^{CN*} = \frac{(1 - \beta)(1 + m - (4 + m - x)\epsilon)}{2KG}$ ；平台供应链成员的最佳利润分别为

$$\pi_P^{CN*} = \frac{m^2 JG^2 + 2x\epsilon(22 + x(-9 + x)) + J(4 + x(4 - x)(5 - 2x))\epsilon^2 + 5(5 - 4\epsilon) - x(21 - 4x) - 2mGH_1}{4K^2 JG^2}, \quad \pi_R^{CN*} = \frac{J(1 + m - (4 + m - x)\epsilon)^2}{4K^2 G^2} \quad \text{和}$$

$$\pi_S^{CN*} = \frac{(1 + m - (-2 + m + x)\epsilon)^2}{4KG^2}, \quad \text{其中} \quad J = 1 - x, \quad K = 3 - x \quad \text{和}$$

$H_1 = 5 - 2\epsilon + x(-19 + x(12 - 2x + \epsilon x - 5\epsilon) + 6\epsilon)$ 。考虑到需求非负性，得到了约束条件

$0 < \epsilon \leq \epsilon_2$ ，其中 $\epsilon_2 = \frac{1+m}{4+m-x}$ 。

5.2.2 考虑区块链投资

5.2.2.1 不实施竞合策略 (IY)

在考虑区块链投资不实施竞合策略时，区块链满足消费者对可追溯性和身份验证的需。因此，消费者愿意为区块链服务付费。因此，平台提供具有更高消费者估值的区块链服务。当大平台考虑投资区块链时，产品估值增加 b ， $b > 0$ 。假设相对于区块链的价格对消费者的影响更大，即 $b < p$ 。从大平台和小平台购买产品获得的消费者效用分别为 $u_p^{IY} = 1 - p_p^{IY} + b^{IY}$ 和 $u_r^{IY} = k^{IY} - p_r^{IY}$ 。通过设置 $u_p^{IY} = u_r^{IY}$ ，得到无差异点 $k^{IY*} = 1 - (p_p^{IY} - p_r^{IY}) + b$ 。同样，在考虑区块链不竞合的场景中，如图 5-3 (b) 所示，大平台对产品的需求是 $d_A^{IY} = ak^{IY*} + (1-a)$ ，小平台对产品的需求是 $d_B^{IY} = a(1 - k^{IY*})$ 。

在 IY 情形中，两个平台独立经营，通过销售产品赚取利润。大平台和小平台的区别在于提供区块链技术，为消费者提供检查产品真伪的服务，提高产品的认知价值。根据所描述的模型，这两个平台的渠道需求是 $d_A^{IY} = 1 - a(p_p^{IY} - p_r^{IY} - b)$ 和 $d_B^{IY} = a(p_p^{IY} - p_r^{IY} - b)$ 。将平台供应链成员的利润函数化为：

$$\pi_p^{IY} = (p_p^{IY} - \epsilon w^{IY}) d_A^{IY} - f \quad (5-7)$$

$$\pi_r^{IY} = (p_r^{IY} - w^{IY}) d_B^{IY} \quad (5-8)$$

$$\pi_s^{IY} = \epsilon w^{IY} d_A^{IY} + w^{IY} d_B^{IY} \quad (5-9)$$

使用反向归纳法来推导子博弈完美均衡，其中双方都致力于价格竞争以最大化各自的利润。平衡结果为引理 5.3。

引理 5.3 当考虑区块链投资不实施竞合策略时，均衡结果如下：渠道 A 和 B 的最优定价为 $p_p^{IY*} = \frac{1+4G+8\epsilon^2+abG(1-4\epsilon)}{6aG^2}$ 和 $p_r^{IY*} = \frac{4-abG(4-\epsilon)+\epsilon+4\epsilon^2}{6aG^2}$ ；最优批发价格为 $w^{IY*} = \frac{1-abG+2\epsilon}{2aG^2}$ ；渠道 A 和 B 的最佳需求为 $d_A^{IY*} = \frac{5+abG-2\epsilon}{6G}$ 和 $d_B^{IY*} = \frac{1-abG-4\epsilon}{6G}$ ；平台供应链成员的最佳利润分别为 $\pi_p^{IY*} = \frac{(5-2\epsilon)^2+a^2b^2G^2-2aG(18fG+b(-5+2\epsilon))}{36aG^2}$ 、 $\pi_r^{IY*} = \frac{(1-abG-4\epsilon)^2}{36aG^2}$ 和 $\pi_s^{IY*} = \frac{(1-abG+2\epsilon)^2}{12aG^2}$ 。考虑到非负需求，得到约束条件 $0 < \epsilon \leq \epsilon_3$ ，

其中 $\epsilon_3 = \frac{1-ab}{4-ab}$ 。

5.2.2.2 实施竞合策略 (CY)

在考虑区块链投资下实施竞合策略时,考虑基于 *IY* 情景的大平台投资区块链。从大平台和小平台购买产品所获得的消费者效用是 $u_p^{CY} = 1 - p_p^{CY} + b$ 和 $u_r^{CY} = k^{CY} + m - p_r^{CY}$ 。通过设置 $u_p^{CY} = u_r^{CY}$, 得到无差点 $k^{CY*} = 1 - (p_p^{CY} - p_r^{CY}) + b - m$ 。假设 $b > m$, 平台对区块链的投入使得消费者对大平台的估值增长大于合作性导致的估值下降。如图 5-3 (d) 所示, 对来自平台的产品的需求 $d_A^{CY} = k^{CY*}$, 对来自合作渠道产品的需求是 $d_E^{CY} = \beta k^{CY*}$, 对来自直购小平台渠道的产品的需求是 $d_B^{CY} = (1 - \beta)k^{CY*}$ 。

在 *CY* 场景中, 两个平台之间存在竞合, 小平台将其产品放在竞合的渠道上销售。另外, 大平台与小平台的区别在于提供区块链, 为消费者提供检查产品真伪的服务, 增加产品对消费者的价值。根据所描述的模型, *A*、*B* 和 *E* 的渠道需求为 $d_A^{CY} = 1 + b - m - p_p^{CY} + p_r^{CY}$, $d_B^{CY} = (1 - \beta)(-b + m + p_p^{CY} - p_r^{CY})$ 和 $d_E^{CN} = \beta(-b + m + p_p^{CY} - p_r^{CY})$ 。将平台供应链成员的利润函数化为:

$$\pi_p^{CY} = (p_p^{CY} - \epsilon w^{CY})d_A^{CY} + \gamma p_r^{IN} d_E^{IN} - f \quad (5-10)$$

$$\pi_r^{CY} = (p_r^{CY} - w^{CY})d_B^{CY} + (1 - \gamma)p_r^{CY} d_E^{CY} - w^{CY} d_E^{CY} \quad (5-11)$$

$$\pi_s^{CY} = \epsilon w^{CY} d_A^{CY} + w^{CY} (d_B^{CY} + d_E^{CY}) \quad (5-12)$$

使用反向归纳法来推导子博弈完美均衡, 其中双方都致力于价格竞争以最大化各自的利润。平衡结果为引理 5.4。

引理 5.4 当考虑区块链投资下实施竞合策略时, 均衡结果如下: 两平台的最优定价为 $p_p^{CY*} = \frac{J(2+(b-m)J)+(1+2\epsilon+(x-2x\epsilon))w^{CY*}}{JK}$ 和 $p_r^{CY*} = \frac{(1-b+m)J+(2+J\epsilon)w^{CY*}}{JK}$; 最优批发价格为

$$w^{CY*} = \frac{1+m-bG-(-2+m+x)\epsilon}{2G^2}; \text{ 渠道 } A、B \text{ 和 } E \text{ 的最佳需求为 } d_A^{CY*} = \frac{5+(b-m)G-2x-2\epsilon+x\epsilon}{2KG},$$

$$d_B^{CY*} = \frac{(1-\beta)(1-b+m+(-4+b-m+x)\epsilon)}{2KG}, \text{ 和 } d_E^{CY*} = \frac{\beta(1-b+m+(-4+b-m+x)\epsilon)}{2KG}; \text{ 平台供应链成员的最佳利润分}$$

$$\text{别为 } \pi_p^{CY*} = \frac{(25+(-10+m)m-21x-xH_2+b^2JG^2-20\epsilon+2H_3\epsilon+JH_4\epsilon^2-2bH_5G)}{4K^2JG^2} - 4f, \quad \pi_r^{CY*} = \frac{J(1-b+m+(-4+b-m+x)\epsilon)^2}{4K^2G^2} \text{ 和}$$

$$\pi_s^{CY*} = \frac{(1+m-bG-(-2+m+x)\epsilon)^2}{4KG^2}, \quad \text{其中 } H_2 = m(-38+m-4x(-6+x))-4x,$$

$$H_3 = (22x-9x^2+x^3)+m(7-25x+17x^2-3x^3)-m^2J,$$

$$H_4 = 4+m^2+x(4-x)(5-2x)-2m(2-4x+x^2) \text{ 和}$$

$H_5 = mJG + 2\epsilon + x(19 - 6\epsilon - 12x + 2x^2 - \epsilon x^2 + 5\epsilon x) - 5$ 。考虑到需求非负性，得到了约束

条件 $0 < \epsilon \leq \epsilon_4$ ，其中 $\epsilon_4 = \frac{1-b+m}{4-b+m-x}$ 。

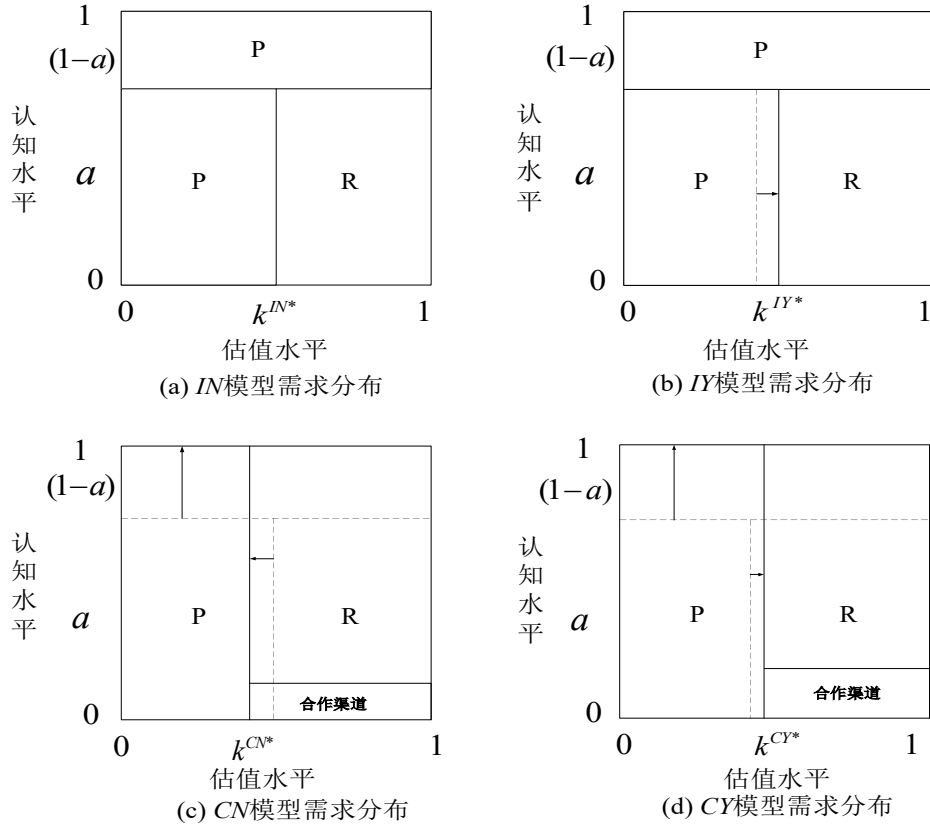


图 5-3 四种模型需求分布

5.3 关键参数对决策影响分析

本节对上述四个模型最优解进行分析，讨论关键参数（区块链投资消费者对产品的估值增加额、收益共享率、实施竞合策略时消费者对小平台产品消费者估值增加量）对平台供应链（如需求、定价和利润）的影响。首先，探讨区块链对决策影响。

5.3.1 区块链对决策影响分析

大平台投资区块链技术体现在消费者对大平台的产品估值增加额 b ，讨论区块链投资后，消费者对大平台的产品估值增加额对平台供应链需求、价格和利润的影响。具体见以下命题。

命题 5.1 区块链投资对渠道需求的影响如下：(1) $\frac{\partial d_A^{IY*}}{\partial b} > 0$ ； $\frac{\partial d_B^{IY*}}{\partial b} < 0$ 。(2)

$$\frac{\partial d_A^{CY*}}{\partial b} > 0；\quad \frac{\partial d_B^{CY*}}{\partial b} < 0；\quad \frac{\partial d_E^{CY*}}{\partial b} < 0。$$

引理 5.1 可知在不实施竞合策略时, 随着消费者对投资区块链的产品估值额增加, 大平台渠道产品需求逐渐增大, 小平台渠道产品需求将减小。这点符合假设, 假设中市场需求恒定为 1, 当大平台投资区块链技术时大平台渠道产品修去增加, 小平台渠道需求必将减小。实施竞合策略时, 发现结果与上述类似, 大平台需求增大, 小平台渠道和合作渠道均减小。合作渠道销售的产品也是小平台台的产品, 因而也随着消费者对区块链产品的估值增加而减小。

命题 5.2 区块链投资对产品价格影响如下: (1) $\frac{\partial w_p^{IY*}}{\partial b} < 0$; $\frac{\partial w_R^{IY*}}{\partial b} < 0$ 。(2) $\frac{\partial p_P^{IY*}}{\partial b} > 0$; 当 $0 < \epsilon \leq \epsilon_5$ 且 $0 < x < x_1$, 那么 $\frac{\partial p_P^{CY*}}{\partial b} \leq 0$, 否则的话 $\frac{\partial p_P^{CY*}}{\partial b} > 0$ 。其中 $x_1 = \frac{5 - \sqrt{17}}{4}$, $\epsilon_5 = 1 + \frac{1}{4 - 2x} + \frac{1}{-1 + x}$ 。 $\frac{\partial p_R^{IY*}}{\partial b} < 0$; $\frac{\partial p_R^{CY*}}{\partial b} < 0$ 。

命题 5.2 (1) 表明, 伴随区块链投资, 消费者对区块链产品估值额增加, 供应商给予两平台的批发价格愈小。对于大平台来说, 根据命题 5.1 可知, 区块链投资后, 消费者对大平台的需求量增加, 供应商降低大平台的批发价以刺激销量增长, 符合规模效应。对于小平台来说, 由于大平台的批发价格与小平台批发价格挂钩由于大平台的批发价 ϵw 与小平台 w 挂钩, 当供应商对大平台批发价格降低时, 对小平台批发价格需同步调整以维持模型设定的定价关系。例如, 若供应商希望保持大平台的价格优势比例, 则需同时降低批发价格 w 。

命题 5.2 (2) 指出, 无论是否存在竞合策略, 消费者对区块链产品估值额与小平台产品的定价呈负相关。命题 5.1 可知消费者对区块链产品估值额的增加, 消费者对小平台需求更小。此时, 小平台为维持原有市场将对产品进行降价。另外, 当不实施竞合策略时, 消费者对区块链产品估值额与大平台产品的定价呈正相关。理论与小平台类似, 消费者对大平台需求增加, 大平台追加对产品定价。然而, 发现在实施竞合策略时, 大平台的产品定价与估值额之间的关系相对复杂。为形象生动表现结论, 进行数值模拟并将结果绘制在图 5-4 中。大平台的定价与消费者对区块链产品估值额关系取决于收益共享率和价格折扣。当收益共享率和价格折扣都小于某个阈值时, 消费者对区块链产品估值额与大平台的定价负相关。两者都比较小, 这意味着大平台从小平台那里获得的利润有限, 无法再承受客户的损失。此外, 大平台具有成本优势和显着的降价空间。随着价格的增加, 客户

损失变得更加严重，因此大平台愿意通过价格竞争来防止客户流失。相反，当收益共享率和价格折扣都超过某个阈值时，上述优势就丧失了。大平台不愿意参与价格竞争。所以在这一点上，消费者对区块链产品估值额与大平台的定价呈正相关。

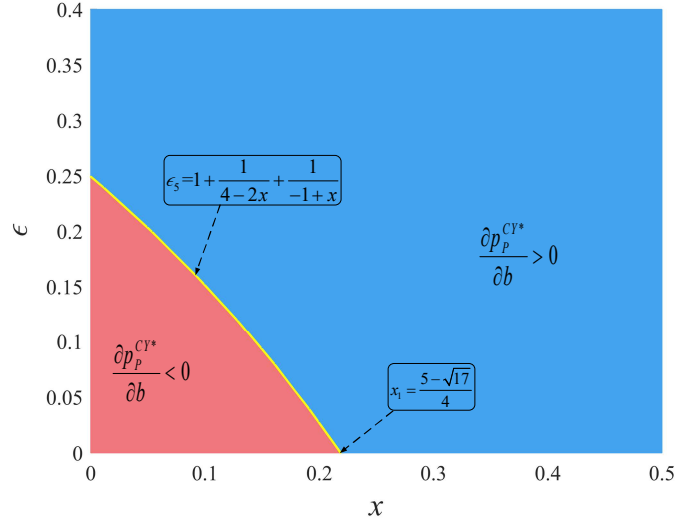


图 5-4 竞合策略下大平台定价与消费者对区块链产品估值额的关系

下面根据第 5.2 节模型结果，进一步分析区块链投资对平台供应链成员利润（大平台、小平台和供应商）的影响。

命题 5.3 区块链投资对利润的影响如下：(1) $\frac{\partial \pi_p^{CY*}}{\partial b} > 0$ ；当 $0 < \epsilon \leq \epsilon_6$ 且 $0 < x \leq x_2$ ，那么 $\frac{\partial \pi_p^{CY*}}{\partial b} \geq 0$ ，否则的话 $\frac{\partial \pi_p^{CY*}}{\partial b} < 0$ 。其中 $x_2 = \frac{-1+b-m+4\epsilon-b\epsilon+m\epsilon}{\epsilon}$ ， $\epsilon_6 = -\frac{5+b-m-19x-bx+mx+12x^2-2x^3}{(-1+x)(2+b-m-4x+x^2)}$ 。(2) $\frac{\partial \pi_r^{LY*}}{\partial b} < 0$ ； $\frac{\partial \pi_r^{CY*}}{\partial b} < 0$ 。(3) $\frac{\partial \pi_m^{LY*}}{\partial b} < 0$ ； $\frac{\partial \pi_m^{CY*}}{\partial b} < 0$ 。

根据命题 5.3 可知，(1) 平台间不实施竞合策略时，大平台的利润随着消费者对区块链产品估值增大而变大。由上述两个命题推导可知，消费者对区块链产品估值增大，大平台产品需求和定价均上升，同时供应商给予大平台的批发价格减小。此时，大平台利润必将增大。平台间实施竞合策略时，发现结果较为复杂，利用数值模拟并将结果绘制在图 5-5 中。大平台利润与区块链投资后消费者对区块链产品估值额关系取决收益共享率和价格折扣。当收益共享率和价格折扣都小于某个阈值时，消费者对区块链产品估值额与大平台的利润正相关。当收益

共享率和价格折扣都大于某个阈值时，消费者对区块链产品估值额与大平台的利润负相关。（2）无论平台间是否实施竞合策略，小平台利润随着消费者对区块链产品估值增大而变小。由上述两个命题推导可知，消费者对区块链产品估值增大，小平台产品需求和定价均下升，虽然同时供应商给予大平台的批发价格减小。但相比之下，需求和定价对利润的影响更大。此时，小平台利润增大。（3）无论平台间是否实施竞合策略，供应商利润随着消费者对区块链产品估值增大而变小。由上述两个命题推导可知，消费者对区块链产品估值增大，供应商给予两个平台的批发价格减小，并且本章考虑的市场需求恒定。此时，供应商利润减小。

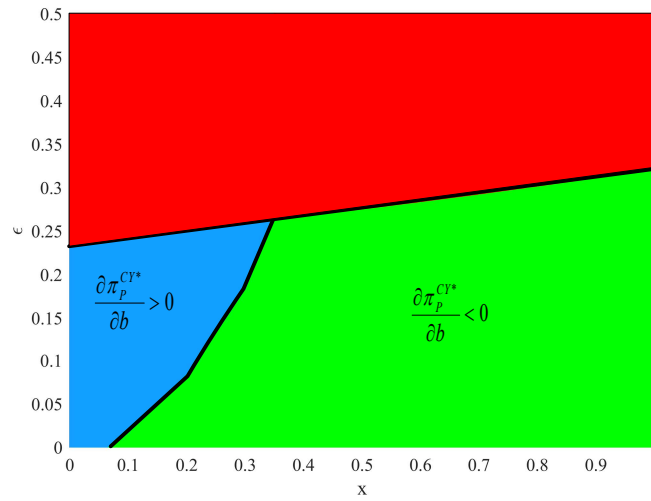


图 5-5 竞合策略下大平台利润与消费者对区块链产品估值额的关系

5.3.2 竞合对决策影响分析

根据假设和内容，可知两平台实施竞合策略不仅提高消费者对小平台的认知和估值（估值额为 m ），还为大平台带来一些收入（小平台给予大平台的收益共享率 x ）。下面，讨论平台实施竞合策略下 m 和 x 对平台供应链内不同渠道的产品需求和定价的影响。具体见下面命题。

命题 5.4 在实施竞合策略的场景中，收益共享率和消费者对区块链产品估值增加额对不同渠道的产品需求的影响如下：（1） $\frac{\partial d_A^{G*}}{\partial x} < 0$ ； $\frac{\partial d_B^{G*}}{\partial x} > 0$ ； $\frac{\partial d_E^{G*}}{\partial x} > 0$ 。

（2） $\frac{\partial d_A^{G*}}{\partial m} < 0$ ； $\frac{\partial d_B^{G*}}{\partial m} > 0$ ； $\frac{\partial d_E^{G*}}{\partial m} > 0$ 。

命题 5.4 表明对大平台自身渠道的需求与收益共享率成反比：收益共享率越大，对大平台自身渠道的需求就越小。这是因为，当平台收益共享率比较高时，

大平台可以获得更多的收益。大平台自然更愿意实施竞合，开通新渠道，让消费者从新的合作渠道购买产品。这将导致平台产品竞争激烈，对自身渠道的需求下降，大平台的产品竞争激烈，消费者对自己渠道的需求减少。相反，小平台产品需求与收益共享率成正比。这意味着小平台通过给大平台更大的收益共享率来交换更大的消费者市场。此外，发现当估价金额较大时，大平台自身渠道需求减少，对小平台的两个渠道的产品需求增加。当消费者对小平台的估值增加时，该值更大。也就是说，消费者认为小平台的产品比同等价格的大平台产品更有价值。因此，购买小平台平台（即 B 和 E 渠道）产品的消费者数量增加。相反，根据前面的假设，市场上的总消费需求是 1，市场上只有两个平台销售该产品。当估值增加时，小平台夺取了大平台的一部分市场份额。因此，大平台自身渠道中的消费者数量减少。

命题 5.5 在实施竞合策略的场景中，收益共享率和消费者对区块链产品估值增加额对产品定价的影响如下：（1） $\frac{\partial p_R^{G*}}{\partial x} \geq 0$ ； $\frac{\partial p_P^{G*}}{\partial x} \geq 0$ 。（2） $\frac{\partial p_R^{G*}}{\partial m} > 0$ ；当 $0 < \epsilon \leq \epsilon_s$

并且 $0 < x < x_1$ ，那么 $\frac{\partial p_P^{G*}}{\partial m} \leq 0$ ，否则的话 $\frac{\partial p_P^{G*}}{\partial m} > 0$ 。其中 $x_1 = \frac{5 - \sqrt{17}}{4}$ ，

$$\epsilon_s = 1 + \frac{1}{4 - 2x} + \frac{1}{-1 + x}。$$

命题 5.5（1）表明，随着收益共享率的增加，两个平台的产品定价都会增加。首先，分析小平台。一方面，根据命题 5.4 可知，收益共享率越大，小平台的产品需求就越大。当消费者的需求增加时，小平台将提高产品定价。另一方面，收益分享越大，小平台给大平台的收入越多。这意味着小平台注定要提高其产品的价格并将其成本转嫁给消费者。下面，分析大平台。当收益共享率较大时，大平台从小平台获得更高的回报。对于单个需求，当大平台从小平台获得的收入大于或等于销售单一产品，大平台将提高或稳定价格。

命题 5.5（2）指出，估值额与小平台产品的定价呈正相关。估值额的增加意味着消费者对小平台有更高的认可度和更大的需求。此外，随着消费者需求的增加，小平台会提高产品定价。然而，发现大平台的产品定价与估值额之间的关系相对复杂。为生动显示结果，进行数值模拟，发现结果类似图 5-4。大平台的定价取决于估值额和折扣。当收益共享率和价格折扣都小于某个阈值时，估值额与大平台的定价负相关。两者都比较小，这意味着大平台从小平台那里获得的利润

有限，无法再承受客户的损失。此外，大平台具有成本优势和显着的降价空间。随着价格的增加，客户损失变得更加严重，因此大平台愿意通过价格竞争来防止客户流失。相反，当收益共享率和价格折扣都超过某个阈值时，上述优势就丧失了。大平台不愿意参与价格竞争。所以在这一点上，估值额与大平台的定价呈正相关。

5.4 比较分析

本小节研究区块链对平台供应链决策的影响。首先，对区块链投资前后的不同平台产品的定价进行比较。接着，对平台考虑区块链投资前后的平台供应链各成员的利润进行比较。下面是价格比较，具体见命题。

5.4.1 价格比较分析

鉴于不同平台的产品定价与自身的产品需求有关，先对本文中不同平台的产品需求进行比较。由于平台实施竞合策略存在新的渠道，先对不同渠道的产品需求进行比较，后面再对产品定价进行比较。需求比较结果如下：

命题 5.6 通过比较考虑区块链投资前后的产品需求，得出（1） $d_A^{IY*} > d_A^{IN*}$ ； $d_A^{CY*} > d_A^{CN*}$ 。（2） $d_B^{IY*} < d_B^{IN*}$ ； $d_B^{CY*} < d_B^{CN*}$ ； $d_E^{CY*} < d_E^{CN*}$ 。

命题 5.6 可知，无论平台间是否实施竞合策略，当大平台考虑投资区块链的大平台自身渠道的产品需求大于不投资区块链时产品需求。小平台自身的渠道和竞合新产生的渠道结果与大平台渠道的产品需求相反。由于市场的需求恒定，当大平台投资区块链技术后，消费者将更加愿意在大平台购买产品。此时，大平台不仅提供产品，还为消费者提供区块链技术溯源服务等。这使得大平台自身渠道的产品消费者增加，小平台的产品需求减小。由于新产生的合作渠道产品本质售卖的还是小平台的商品。因此，新产生的合作渠道的产品需求减少。

下面，对平台投资区块链技术前后的不同平台的产品定价以及供应商批发价格进行比较。

命题 5.7 通过比较投资区块链技术前后，不同平台的产品价格和供应商的批发价格，得出（1） $p_P^{IY*} > p_P^{IN*}$ ；当 $0 < \epsilon \leq \epsilon_5$ 且 $0 < x < x_1$ ，那么 $p_P^{CY*} < p_P^{CN*}$ ，否则的话

$p_P^{CY*} > p_P^{CN*}$ 。其中 $x_1 = \frac{5-\sqrt{17}}{4}$ ， $\epsilon_5 = 1 + \frac{1}{4-2x} + \frac{1}{-1+x}$ 。（2） $p_R^{IY*} > p_R^{IN*}$ ； $p_R^{CY*} < p_R^{CN*}$ 。

（3） $w_P^{IY*} < w_P^{IN*}$ ； $w_R^{IY*} < w_R^{IN*}$ 。

命题 5.7 (1) 表明, 当平台不实施竞合策略时, 大平台投资区块链技术后产品定价高于不投资区块链。考虑投资区块链技术后, 消费者更加偏爱采用区块链的产品, 市场决定价格增长。当平台实施竞合策略时, 结果与命题 5.2 类似, 投资区块链前后大平台产品定价取决于收益共享率和价格折扣。具体见命题 5.2 论述。(2) 平台间不实施竞合策略时, 大平台考虑投资区块链后, 小平台的定价大于平台不投资区块链技术时的定价。大平台当投资区块链技术, 消费者不一定能够立即识别到与其他产品的区别在何处。此时, 小平台可保有投机取巧态度提高价格营造也是同类产品的假象。在平台间实施竞合策略时, 结果相反, 大平台投资区块链后, 小平台定价反而下降。实施竞合后, 小平台加入大平台进行销售, 小平台的市场扩大, 此时大平台投资区块链技术, 产品差异大。此时, 小平台可采用降价策略进一步扩大市场占比。(3) 无论平台间是否实施竞合策略, 供应商提供给两个平台的产品批发价格都将减小。大平台投资区块链技术使得市场占有率大更具话语权, 迫使供应商降低批发价格。供应商为防止被大平台遏制, 也将给予小平台更低批发价格, 使其进行市场竞争, 避免退出市场, 确保供应商保留多渠道销售, 减少对大平台的依赖风险。

5.4.2 利润比较分析

本节比较不同情形的利润情况。首先, 比较平台实施竞合策略前后的大小平台利润大小关系, 具体见命题 5.8。

命题 5.8 当 $x_4(x_5) < x < x_6(x_7)$ 时, $\pi_p^{CN*} \geq \pi_p^{IN*}$ ($\pi_p^{CY*} \geq \pi_p^{IY*}$) 和 $\pi_r^{CN*} \geq \pi_r^{IN*}$ ($\pi_r^{CY*} \geq \pi_r^{IY*}$)。其中, $x_4 < x_5 < x_6 < x_7$ 。

命题 5.8 表明, 只有当小平台到大平台的收益共享率处于中间范围时, 作为两个平台之间的竞合策略才能达到平衡策略。为生动描绘结论, 进行数值模拟并将结果绘制在图 5-7 中。当收益共享率达到中间时, 大平台将有效地平衡竞合带来的损失和好处。但是, 当 x 较小时, 大平台从新合作渠道获得的利润非常有限, 以至于它无法弥补自身渠道产生的损失。相反, 当 x 较大时, 大平台在合作渠道中获得的利润更多, 这损害了小平台的盈利能力。因此, 在这种情况下, 小平台会退出合作。此外, 大平台投资于区块链, 结果与上述类似。事实上, 竞合策略产生的溢出利润被重新分配到两个平台之间。具体来说, 当收益共享率较小时, 溢出效益被小平台占据; 当收益共享率较大时, 竞合产生的溢出收益被大平台占

据。因此，只有当收益共享率处于中等范围内时，竞合策略才成为一种平衡策略，如图 5-7 所示。这一结论为大小平台之间的间接合作提供了一种新的模式。京东等大型平台邀请一些小型平台（东方甄选）加入，设置合理的分润比例可以达到双赢。

下面，进一步分析区块链如何影响平台竞合策略的实施。具体结果见推论 5.1。

推论 5.1 $x_5 > x_4$ 和 $x_7 > x_6$ ，意味着区块链提高了平台实施竞合策略的门槛。

推论 5.1 表示区块链增加了实施竞合策略的条件范围。图 5-6 以图形方式描述了这一推论。区块链将零点（实施竞合的范围）向右移动。对于有无区块链的情况，这个阈值是不同的。区块链使大平台不太愿意实现合作策略，而小平台更愿意实现合作，这点是值得讨论的。

首先，关注大平台。在不考虑区块链投资情况下，大平台需要一个更小的门槛 x_4 ，才能使小平台与大平台的分享的收入足以补偿实施竞合后需求减少带来的损失。随着对区块链的投资，大平台需要一个较大的门槛 x_5 才能向小平台开放其平台。由于大平台投资区块链需要大量成本，每单位成本的需求高于不投资区块链的需求。因此，小平台需要给出更多的收益共享率，以补偿更大的单位需求成本的损失。随后，关注小平台。在不考虑区块链投资情况下，小平台需要一个更小的门槛 x_6 。因为竞合允许大平台获得一些收入，人们常认为小平台容易选择不合作。但是，请记住，竞合增强了消费者对小平台的认知度，使其能够从大平台中抢夺一些客户。因此，小平台从合作策略中获益比补偿大平台要多得多，这使得小平台愿意实施竞合策略。伴随区块链的投资，小平台的阈值提高到 x_7 。由于溢出效应，小平台受益于大平台对区块链的投资。小平台愿意支付更多的收入来换取一个庞大的客户资源平台。

综上所述，当两个平台考虑是否实施竞合策略时，大平台强调与小平台合作的好处，而小平台则关注与大平台合作带来的客户资源。不同的利润关注点扩大了竞合实施的范围，成就双赢的平衡。目前，平台供应链的经营模式和消费者需求越来越多样化。为了满足消费者的多样化需求，寻求新的运营模式，激励平台进行技术创新（区块链等）和模式创新（如合并、合作等）。本章研究为平台供应链运营和区块链背景下的这种竞合趋势提供了理论解释。

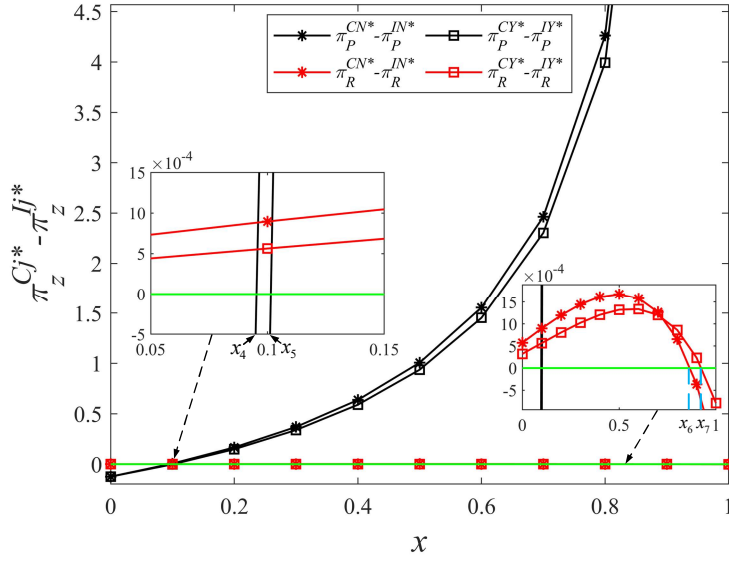


图 5-6 平台实施竞合策略条件

上面，研究了平台是否会实施竞合策略以及竞合对平台供应链的影响。随后，将重点关注大平台是否考虑区块链区块链，以及如果大平台投资区块链，平台供应链的其他成员将受到怎样的影响。命题 5.7 有效地回答了这些问题。

命题 5.9 考虑区块链投资前后供应链成员利润关系: (1) $\pi_P^{IY*} \geq \pi_P^{IN*}$ ($\pi_P^{CY*} \geq \pi_P^{CN*}$) 如果 $0 < f \leq f_1(f_2)$ 。 (2) $\pi_R^{IY*} < \pi_R^{IN*}$ ($\pi_R^{CY*} < \pi_R^{CN*}$) 和 $\pi_S^{IY*} \leq \pi_S^{IN*}$ ($\pi_S^{CY*} \leq \pi_S^{CN*}$)。

命题 5.9 指出，只有当区块链技术的成本低于某个阈值时，大平台才不考虑区块链投资。为形象表达结论，进行数值模拟并将结果绘制在图 5-7 中。尽管区块链具有颠覆性价值，但其实际应用往往取决于其价值和成本之间的差异。毫无疑问，如果运营成本过高，区块链的潜在经济利益可能会被抵消。大平台在决定是否投资区块链时，会考虑其成本是否低于某个阈值，以确保投资能够带来预期的回报。这为平台区块链的投资提供了一些建议。

随后，命题 5.9 表明大平台投资区块链对小平台和供应商发展不利。大平台由于其规模和资源优势，更有能力承担开发和应用区块链的成本。如果大平台单独投资区块链，会进一步提高其市场地位，加强其在行业的垄断地位，从而挤压小平台和供应商的生存空间。严重来说，如果大平台单独掌握这项技术，它可能会重新定义供应链规则，让小平台和供应商在新的供应链结构中处于完全被动的地位。因此，在推动区块链的普及应用时，需要从平台供应链整体的角度考虑整个生态系统的平衡，以避免在市场上产生不公平竞争。

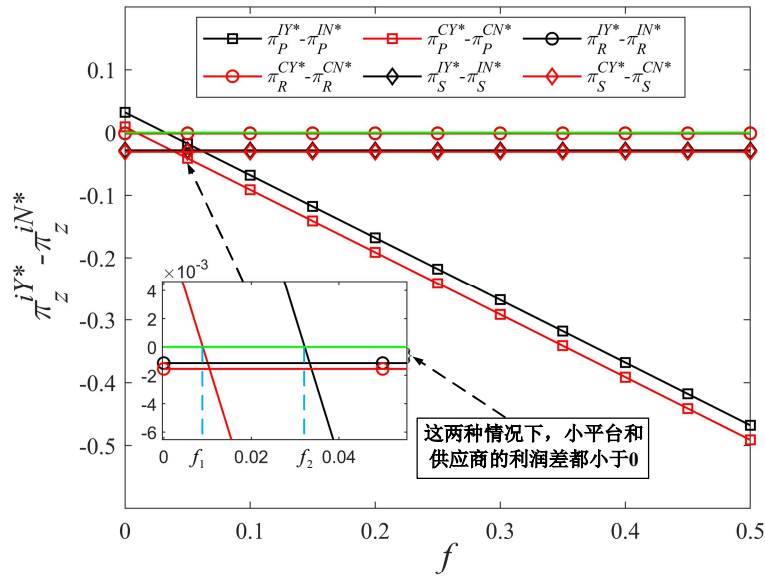


图 5-7 投资区块链前后利润对比

5.5 本章小结

平台经济的快速发展一方面导致了平台交易形式和结构的多样性，另一方面也导致了消费者需求的多样性。区块链的出现能满足消费者的多样化需求。因此，本章考察由一个供应商和两个不同规模的平台（大平台和小平台）组成的平台供应链，并研究区块链技术影响其决策的机制。在这一部分中，提出主要结论，和详细的管理见解，并总结一些局限性和未来的发展方向。在本节中，5.5.1 和 5.5.2 两部分总结本章的主要发现和管理启示。

5.5.1 主要结论

基于上述命题和推论得出的结论，本文揭示了三个关键发现：

首先，当平台间不实施竞合策略时，投资区块链技术时大平台的定价高于不投资时定价。当平台实施竞合策略时，投资区块链前后大平台产品定价取决于收益共享率和价格折扣。平台间不实施竞合策略时，大平台考虑投资区块链后，小平台的定价大于平台不投资区块链技术时的定价。在平台间实施竞合策略时，结果相反，大平台投资区块链后，小平台定价反而下降。另外，无论平台间是否实施竞合策略，供应商提供给两个平台的产品批发价格都将减小。

随后，发现当从小平台给予大平台的收益共享率处于中间范围时，竞合策略在两个平台之间达到平衡。实施竞合策略对两平台是有利的。接着探讨了区块链对竞合策略的影响，并揭示了区块链提高了平台实施竞合策略的标准。

最后，发现大平台是否投资区块链取决于投资成本大小。大平台投资区块链技术时，对平台供应链其他成员（小平台和供应商）的影响结果表明，大平台投资区块链不利于小平台和供应商的发展。

5.5.2 管理启示

从改进平台供应链的模型和运营管理的角度来看，以下见解可能有助于与平台供应链相关的管理者制定更好的商业模式和运营策略。本研究为管理者或政府提供了三个见解。

首先，大平台管理者应明白，若企业追求差异化或市场主导地位，可优先选择投资区块链技术提升产品估值，并通过供应商批发价降低的成本优势扩大利润空间，并通过数据分析细分市场，制定差异化定价策略。小平台管理者应意识到差异化生存路径，接受定价下降的现实，转而通过与大平台的合作（如共享用户数据、联合营销）提升服务附加值，避免被边缘化。存在多渠道销售的供应商应考虑即使小平台销量较低，供应商仍需维持其生存以分散风险，持续支持小平台，避免过度依赖单一渠道。

此外，管理者应认识到，促进平台竞合的实施对促进平台供应链的健康发展具有重要意义。从政府的角度来看，它可以通过引入相关政策和法规，为平台采取竞合的策略提供激励。此类政策可以包括税收优惠、财政支持和对技术研发的补贴，以降低平台实施竞合的成本和风险。从社会层面来看，推动平台对接也有助于形成更紧密的产业链协同效应。这种协同作用不仅增强了整个供应链的竞争力，还为经济增长和就业创造了新的机会。

最后，区块链降低了平台实施竞合策略的意愿。这是 Liang 等^[81]的观点不同，大平台投资于区块链提高了平台实施竞合的门槛。对于平台管理者来说，当大平台投资区块链时，需要更高的收益共享率才愿意竞合。从整个平台供应链的角度来看，虽然区块链投资所需成本较低对大平台发展有益的，却忽略对平台供应链其他成员的影响和整体利益的考虑。因此，建议在考虑区块链投资时，应与平台供应链的其他成员进行沟通和协商，共同评估该技术的可行性。

第6章 总结与展望

6.1 研究结论

本研究聚焦数字经济时代区块链投资与平台供应链决策，主要是以不同市场结构下平台供应链作为研究对象，针对供应链决策为切入点，分别研究了垄断市场、供应商竞争和平台竞合三种市场下区块链技术投资对平台供应链决策影响的问题，旨在为供应链的运营决策提供一定的参考建议。深入探讨在不同市场结构下，区块链技术对平台供应链决策的影响。主要研究结论可归纳如下：

在垄断情形下，深入剖析考虑区块链技术对平台供应决策影响。研究发现，当区块链技术成本小于某一阈值时，考虑区块链投资时平台供应链系统利润高于不考虑区块链投资。此时，平台和整个供应链都愿意投资区块链技术。其次，平台考虑区块链投资后，消费者对产品检真时间和伪劣品的敏感系数减小，消费者信任度增加，产品的价格、需求以及制造商、平台和供应链利润都变大。此外，网络外部性对产品的价格、需求以及制造商、平台和供应链的利润都产生影响。最后，当收益共享率在一定范围时，协调后的制造商和平台利润相比协调之前均有所提升，并且协调后平台供应链系统利润等于集中决策下平台供应链系统利润。基于此，从制造商管理、平台管理、合作以及区块链技术选择等角度给出了管理启示，强调各方应协同合作，合理利用区块链技术，提升网络外部性强度以实现共赢。

在供应商竞争情形下，构建博弈论模型，对不同区块链合作投资情形的平台供应链决策进行研究。结果表明，考虑区块链投资后平台利润大于不考虑投资区块链；当只有一个供应商与平台合作投资区块链技术时，不变的供应商很可能会进行“搭便车”行为。这种行为导致他们产品的定价和利润增加。变化的供应商利润受到了负面影响。其次，与两方合作投资区块链相比三方合作投资区块链技术为最佳情形。供应链所有成员都应该参与合作投资区块链技术来优化整个供应链及其个人角色。两个供应商可以利用彼此的能力，为三方创造双赢的局面。需要注意的是，供应商在将区块链技术与平台投资时，应注意与合作相关的成本。最

后,激烈的竞争会降低供应商从事“搭便车”行为的可能性。网络外部性或消费者对区块链技术的信任度的增加扩大了供应商“搭便车”行为的可能性。

在平台竞合情形下,构建模型探究区块链投资对平台供应链决策影响。研究揭示了区块链投资对大小平台定价的不同影响,当平台间不实施竞合策略时,投资区块链技术时大平台的定价高于不投资时定价。当平台实施竞合策略时,投资区块链前后大平台产品定价取决于收益共享率和价格折扣。平台间不实施竞合策略时,大平台考虑投资区块链后,小平台的定价大于平台不投资区块链技术时的定价。在平台间实施竞合策略时,结果相反,大平台投资区块链后,小平台定价反而下降。另外,无论平台间是否实施竞合策略,供应商提供给两个平台的产品批发价格都将减小。此外,当收益共享率处于特定范围时,平台愿意实施竞合策略。值得注意的是,区块链投资会影响平台实施竞合策略的条件,并且只有成本较小时大平台愿意投资区块链,投资区块链不利于小平台和供应商发展。管理启示指出,管理者应认识到实施竞合策略的双面性,合理运用;政府应出台政策促进平台合作;大平台投资区块链时需综合考量对供应链其他成员的影响,加强沟通协商以实现供应链整体可持续发展。

6.2 研究展望

尽管本文对不同市场结构下考虑区块链技术的平台供应链决策研究取得一些发现,并对平台供应链的运营也提供一定的管理启示,但一些局限性和未来的研究方向值得考虑。

在供应商竞争情形下,模型仅纳入了两个同质供应商,未考虑供应商在生产能力或产品质量方面的差异,因而忽略了不同产能和质量水平的供应商在应用区块链技术时所涉及的复杂性。未来研究可将此类供应商差异纳入模型,从而获取更具洞察力的结论。在第五章关于平台竞合情形的探讨中,研究假设新渠道定价与原有渠道定价一致,后续研究可考虑针对不同渠道实施差异定价策略,以进一步拓展该领域的研究深度。

其次,本研究未对消费者群体进行细分。实际上,不同消费者对区块链技术的认知与态度存在差异。后续研究可深入开展消费者类型细分工作,针对不同类型消费者探究区块链技术对平台供应链成员决策的影响机制,从而为平台供应链决策提供更贴合消费者需求的依据。

最后，在网络外部性研究方面，本研究仅探讨单一的正向网络外部性对平台供应链决策的影响，而现实中还存在负向网络外部性以及交叉网络外部性。因此，关于网络外部性对平台供应链决策影响的研究仍有较大拓展空间，后续研究可全面考虑各类网络外部性，以更全面地揭示网络外部性在平台供应链决策中的作用机制。

参考文献

- [1] 国家统计局. 2023 年上半年社会消费品零售总额增长 8.2%[EB/OL]. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202307/t20230715_1941269.html, 2025-2-24.
- [2] Wu J H, Yu J H. Blockchain's impact on platform supply chains: Transaction cost and information transparency perspectives[J]. International Journal of Production Research, 2023, 61(11): 3703-3716.
- [3] Katz M L, Shapiro C. Network externalities, competition, and compatibility[J]. The American Economic Review, 1985, 75(3): 424-440.
- [4] Constantinides P, Henfridsson O, Parker G G. Introduction—platforms and infrastructures in the digital age[J]. Information Systems Research, 2018, 29(2): 381-400.
- [5] Choi T M, Chen J, Li G, et al. Platform supply chain innovations in the blockchain era: The abcde framework[J]. International Journal of Production Research, 2023, 61(11): 3505-3511.
- [6] Wang P, Du S F, Hu L, et al. Logistics choices in a platform supply chain: A co-opetitive perspective[J]. Journal of the Operational Research Society, 2023, 74(1): 93-111.
- [7] He Y, Yu Y, Wang Z Y, et al. Equilibrium pricing, advertising, and quality strategies in a platform service supply chain[J]. Asia-Pacific Journal of Operational Research, 2021, 39(01): 2140031.
- [8] Abhishek V, Jerath K, Zhang Z J. Agency selling or reselling? Channel structures in electronic retailing[J]. Management Science, 2015, 62(8): 2259-2280.
- [9] Qin X L, Liu Z X, Tian L. The optimal combination between selling mode and logistics service strategy in an e-commerce market[J]. European Journal of Operational Research, 2021, 289(2): 639-651.
- [10] Li Y R, Li B, Zheng W, et al. Reveal or hide? Impact of demonstration on pricing decisions considering showrooming behavior[J]. Omega, 2021, 102: 102329.
- [11] Zhao D Z, Yuan Z W, Chen M Y, et al. Differential pricing strategies of ride-sharing platforms: Choosing customers or drivers?[J]. International Transactions in Operational Research, 2022, 29(2): 1089-1131.
- [12] Hagiu A, Wright J. Marketplace or reseller?[J]. Management Science, 2015, 61(1): 184-203.

-
- [13]Cui X Q, Li Y J, Li X, et al. Livestream e-commerce in a platform supply chain: A product-fit uncertainty reduction perspective[J]. International Journal of Production Economics, 2023, 258: 108796.
 - [14]Liu W H, Yan X Y, Li X, et al. The impacts of market size and data-driven marketing on the sales mode selection in an internet platform based supply chain[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2020, 136: 101914.
 - [15]Zhang Z C, Xu H Y, Chen K B, et al. Channel mode selection for an e-platform supply chain in the presence of a secondary marketplace[J]. European Journal of Operational Research, 2023, 305(3): 1215-1235.
 - [16]林强, 冯佳丽, 雒兴刚, 等. 不同消费支付方式下电商供应链销售模式选择[J]. 系统工程理论与实践, 2021, 41(11): 2913-2928.
 - [17]Liu B B, Guo X L, Yu Y G, et al. Manufacturer's contract choice facing competing downstream online retail platforms[J]. International Journal of Production Research, 2021, 59(10): 3017-3041.
 - [18]姚锋敏, 闫颖洛, 王雨霏, 等. 考虑消费者质疑的电商供应链销售模式及区块链应用决策[J]. 控制与决策, 2024, 39(05): 1665-1674.
 - [19]Shen Y L, Willems S P, Dai Y. Channel selection and contracting in the presence of a retail platform[J]. Production and Operations Management, 2019, 28(5): 1173-1185.
 - [20]Tao F, Wang Y Y, Zhu S H. Impact of blockchain technology on the optimal pricing and quality decisions of platform supply chains[J]. International Journal of Production Research, 2023, 61(11): 3670-3684.
 - [21]Rochet J C, Tirole J. Cooperation among competitors: Some economics of payment card associations[J]. The RAND Journal of Economics, 2002, 33(4): 549-570.
 - [22]Armstrong M. Competition in two-sided markets[J]. The RAND Journal of Economics, 2006, 37(3): 668-691.
 - [23]桂云苗, 刘大玉, 胡红春. 动态竞争下物流服务平台增值服务投资与定价[J]. 山东大学学报(理学版), 2021, 56(03): 12-22.
 - [24]桂云苗, 程静, 龚本刚. 不同信息策略下竞争型网络货运平台定价研究[J]. 中国管理科学, 2023, 31(05): 176-186.

- [25]曹俊浩, 陈宏民, 孙武军. 多平台接入对 b2b 平台竞争策略的影响——基于双边市场视角[J]. 财经研究, 2010, 36(09): 91-99.
- [26]Shen L, Fan R J, Wang Y Y, et al. Advertising and pricing of online direct selling considering network externalities[J]. Industrial Management & Data Systems, 2023, 123(11): 2751-2770.
- [27]易余胤, 杨海深. 网络外部性下质量决策与零售商经营目标选择[J]. 管理科学学报, 2019, 22(12): 15-30.
- [28]李秋香, 张静, 黄毅敏, 等. 基于网络外部性的社区团购供应链营销策略研究[J]. 中国管理科学, 2024, 32(02): 75-86.
- [29]Shen L, Lin F, Wang Y Y, et al. Advertising decisions of platform supply chains considering network externalities and fairness concerns[J]. Mathematics, 2022, 10(13): 2359.
- [30]Saber S, Kouhizadeh M, Sarkis J. Blockchain technology: A panacea or pariah for resources conservation and recycling?[J]. Resources Conservation and Recycling, 2018, 130: 80-81.
- [31]Liu P, Long Y, Song H C, et al. Investment decision and coordination of green agri-food supply chain considering information service based on blockchain and big data[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 277: 123646.
- [32]Bai C G, Zhu Q Y, Sarkis J. Do blockchain capabilities help overcome supply and operational risks: Insights from firm market returns during covid-19[J]. Omega, 2024, 126: 103049.
- [33]Niu B Z, Xu H T, Dai Z P. Check only once? Health information exchange between competing private hospitals[J]. Omega, 2022, 107: 102556.
- [34]Shen B, Dong C, Minner S. Combating copycats in the supply chain with permissioned blockchain technology[J]. Production and Operations Management, 2022, 31(1): 138-154.
- [35]Xu X P, Zhang M Y, Dou G W, et al. Coordination of a supply chain with an online platform considering green technology in the blockchain era[J]. International Journal of Production Research, 2023, 61(11): 3793-3810.
- [36]龚强, 班铭媛, 张一林. 区块链、企业数字化与供应链金融创新[J]. 管理世界, 2021, 37(02): 22-34+23.
- [37]Choi T M, Guo S, Liu N, et al. Optimal pricing in

- hr/>
- on-demand-service-platform-operations with hired agents and risk-sensitive customers in the blockchain era[J]. *European Journal of Operational Research*, 2020, 284(3): 1031-1042.
- [38]桂云苗, 胡红春, 龚本刚. 区块链时代下双边平台信息披露决策研究[J]. *山东大学学报(理学版)*, 2022, 57(03): 89-95+110.
- [39]李剑, 易兰, 肖瑶. 信息不对称下基于区块链驱动的供应链减排信息共享机制研究[J]. *中国管理科学*, 2021, 29(10): 131-139.
- [40]Niu B Z, Dong J, Liu Y Q. Incentive alignment for blockchain adoption in medicine supply chains[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2021, 152: 102276.
- [41]Xu X P, Choi T M. Supply chain operations with online platforms under the cap-and-trade regulation: Impacts of using blockchain technology[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2021, 155: 102491.
- [42]Wang Y Y, Tao F, Wang J C. Information disclosure and blockchain technology adoption strategy for competing platforms[J]. *Information & Management*, 2022, 59(7): 103506.
- [43]Liu M Q, Zhang X F, Wu H M. The impact of platform restriction on manufacturer quality transparency in the blockchain era[J]. *International Journal of Production Research*, 2023, 61(11): 3582-3598.
- [44]Xu Q Y, He Y. Optimal information disclosure strategies for a retail platform in the blockchain technology era[J]. *International Journal of Production Research*, 2023, 61(11): 3781-3792.
- [45]Niu B Z, Mu Z H, Cao B, et al. Should multinational firms implement blockchain to provide quality verification?[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2021, 145: 102121.
- [46]Zhang T Y, Dong P W, Chen X F, et al. The impacts of blockchain adoption on a dual-channel supply chain with risk-averse members[J]. *Omega*, 2023, 114: 102747.
- [47]Biswas D, Jalali H, Ansaripoor A H, et al. Traceability vs. Sustainability in supply chains: The implications of blockchain[J]. *European Journal of Operational Research*, 2023, 305(1): 128-147.
- [48]Hsieh C C, Lathifah A. Exploring the spillover effect and supply chain

- p>coordination in dual-channel green supply chains with blockchain-based sales platform[J]. Computers & Industrial Engineering, 2024, 187: 109801.
- [49]Centobelli P, Cerchione R, Vecchio P D, et al. Blockchain technology for bridging trust, traceability and transparency in circular supply chain[J]. Information & Management, 2022, 59(7): 103508.
- [50]梁喜, 肖金凤. 基于区块链和消费者敏感的双渠道供应链定价与渠道选择[J]. 中国管理科学, 2023, 31(05): 29-38.
- [51]姜永常, 刘畅, 白世贞, 等. 应用区块链的生鲜农产品双渠道供应链最优决策[J]. 系统工程, 2023, 41(01): 63-72.
- [52]魏光兴, 宋燕龄. 农产品供应链绿色投资的讨价还价决策[J]. 华北水利水电大学学报(社会科学版), 2023, 39(03): 1-9.
- [53]颜锦江, 郭春香, 龚浩. 面向网络外部性特征产品的供应链动态竞争策略研究[J]. 运筹与管理, 2018, 27(10): 76-82.
- [54]高心雨, 桂云苗. 网络外部性下考虑区块链技术采纳的平台供应链决策[J]. 华北水利水电大学学报(社会科学版), 2023, 39(06): 40-49.
- [55]孙中苗, 徐琪, 史保莉. 区块链技术驱动下不同消费者类型的供应链最优定价决策[J]. 管理学报, 2021, 18(09): 1382-1391.
- [56]卢亚丽, 翟露雨, 李战国. 水质保证下南水北调工程可持续供应链利益协调分析[J]. 华北水利水电大学学报(社会科学版), 2021, 37(05): 34-41.
- [57]Shang W X, Ha A Y, Tong S L. Information sharing in a supply chain with a common retailer[J]. Management Science, 2016, 62(1): 245-263.
- [58]Tian L, Vakharia A J, Tan Y L, et al. Marketplace, reseller, or hybrid: Strategic analysis of an emerging e-commerce model[J]. Production and Operations Management, 2018, 27(8): 1595-1610.
- [59]Yue X H, Liu J. Demand forecast sharing in a dual-channel supply chain[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 174(1): 646-667.
- [60]Prasad A, Venkatesh R, Mahajan V. Optimal bundling of technological products with network externality[J]. Management Science, 2010, 56(12): 2224-2236.
- [61]Zhao D, Chen H M, Hong X P, et al. Technology licensing contracts with network effects[J]. International Journal of Production Economics, 2014, 158: 136-144.

-
- [62]Liu Z Y, Li M Q, Kou J S. Selling information products: Sale channel selection and versioning strategy with network externality[J]. International Journal of Production Economics, 2015, 166: 1-10.
 - [63]Li Q X, Ji H M, Huang Y M. The information leakage strategies of the supply chain under the block chain technology introduction[J]. Omega, 2022, 110: 102616.
 - [64]Wu C F, Xu C F, Zhao Q H, et al. Research on financing strategy under the integration of green supply chain and blockchain technology[J]. Computers & Industrial Engineering, 2023, 184: 109598.
 - [65]Li C H, Wan Z X. Supplier competition and cost improvement[J]. Management Science, 2017, 63(8): 2460-2477.
 - [66]Wang Q P, Zhao D Z, He L F. Contracting emission reduction for supply chains considering market low-carbon preference[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 120: 72-84.
 - [67]Ji J N, Zhang Z Y, Yang L. Comparisons of initial carbon allowance allocation rules in an o2o retail supply chain with the cap-and-trade regulation[J]. International Journal of Production Economics, 2017, 187: 68-84.
 - [68]Li X. Reducing channel costs by investing in smart supply chain technologies[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2020, 137: 101927.
 - [69]Xia T S, Wang Y Y, Lv L X, et al. Financing decisions of low-carbon supply chain under chain-to-chain competition[J]. International Journal of Production Research, 2023, 61(18): 6153-6176.
 - [70]Iyengar G, Saleh F, Sethuraman J, et al. Blockchain adoption in a supply chain with manufacturer market power[J]. Management Science, 2024, 70(9): 6158-6178.
 - [71]Cui Y, Gaur V, Liu J C. Supply chain transparency and blockchain design[J]. Management Science, 2024, 70(5): 3245-3263.
 - [72]Xu Y, Wang X, Zhou Q. Pricing and quality strategies in crowdfunding with network externality[J]. Journal of Optimization Theory and Applications, 2023, 196(1): 98-125.
 - [73]Wu J H, Wang X. Platform-leading blockchain adoption for traceability under upstream competition[J]. Annals of Operations Research, 2023.

- [74]Xing D H, Liu T M. Sales effort free riding and coordination with price match and channel rebate[J]. *European Journal of Operational Research*, 2012, 219(2): 264-271.
- [75]Chen J, Chen B T. When should the offline retailer implement price matching?[J]. *European Journal of Operational Research*, 2019, 277(3): 996-1009.
- [76]Yan N, Zhang Y P, Xu X, et al. Online finance with dual channels and bidirectional free-riding effect[J]. *International Journal of Production Economics*, 2021, 231: 107834.
- [77]Huang B, Iravani S M R. Production control policies in supply chains with selective-information sharing[J]. *Operations Research*, 2005, 53(4): 662-674.
- [78]Wang Y L, Singgih M, Wang J Y, et al. Making sense of blockchain technology: How will it transform supply chains?[J]. *International Journal of Production Economics*, 2019, 211: 221-236.
- [79]Ma D Q, Hu J S. The optimal combination between blockchain and sales format in an internet platform-based closed-loop supply chain[J]. *International Journal of Production Economics*, 2022, 254: 108633.
- [80]Chen J Q, Guo Z L. New-media advertising and retail platform openness[J]. *MIS Quarterly*, 2022, 46(1): 431-456.
- [81]Liang Y J, Liu W H, Li K W, et al. A co-opetitive game analysis of platform compatibility strategies under add-on services[J]. *Production and Operations Management*, 2023, 32(11): 3541-3558.

附录

附录 1 第三章证明

引理 3.1 证明

证明：由公式（1）和（3）可得 $\frac{d^2\pi^D}{d(p^D)^2} < 0$ ，故平台存在最优产品销售价格。

根据利润函数的一阶条件可得 p^{D*} ，将其代入公式（1）和（3）可得 q^{D*} 和 π^{D*} 。

引理 3.2 证明

证明：根据逆推归纳法，由 $\frac{d^2\pi_r^X}{d(p^X)^2} < 0$ ，可知 π_r^X 是关于销售价格 p^X 的凹函数，故根据

一阶条件 $\frac{d\pi_r^X}{dp^X} = 0$ ，可知销售价格的反应函数 $p^X(w^X)$ ，将 $p^X(w^X)$ 代入公式（4），由

$\frac{d^2\pi_m^X(w^X, p^X(w^X))}{d(w^X)^2} < 0$ 可知函数存在唯一最优解，根据其一阶条件，求得最优批发价格 w^{X*} ，

将其代入 $p^X(w^X)$ 和公式（1）中，得到 p^{X*} 和 q^{X*} 。

推论 3.1 证明

证明：将 w^{X*} ， p^{X*} 分别代入式（4）和（5），得到 π_m^{X*} ， π_r^{X*} ，将两者相加得 π^{X*} 。

引理 3.3 证明

证明：同引理 3.1 证明

引理 3.4 的证明

证明：同引理 3.2 证明

推论 3.2 证明

证明：同推论 1

命题 3.1 证明

证明：类似于命题 3.3

命题 3.2 证明

证明：类似于命题 3.3

命题 3.3 证明

$$\begin{aligned}
 \text{证明：} \quad & \frac{\partial w^{X^*}}{\partial u} = \frac{\partial w^{Y^*}}{\partial u} = \frac{\partial p^{D^*}}{\partial u} = \frac{\partial p^{E^*}}{\partial u} = \frac{a}{2\beta} > 0, \quad \frac{\partial p^{X^*}}{\partial u} = \frac{\partial p^{Y^*}}{\partial u} = \frac{3a}{4\beta} > 0, \quad \frac{\partial \pi^{D^*}}{\partial u} = \frac{aA}{2\beta} > 0, \\
 & \frac{\partial \pi_r^{X^*}}{\partial u} = \frac{aA}{8\beta} > 0, \quad \frac{\partial \pi_m^{X^*}}{\partial u} = \frac{aA}{4\beta} > 0, \quad \frac{\partial \pi_r^{Y^*}}{\partial u} = \frac{aB}{8\beta} > 0, \quad \frac{\partial \pi_m^{Y^*}}{\partial u} = \frac{aB}{4\beta} > 0, \quad \frac{\partial \pi^{X^*}}{\partial u} = \frac{3aA}{8\beta} > 0, \\
 & \frac{\partial \pi^{Y^*}}{\partial u} = \frac{3aB}{8\beta} > 0.
 \end{aligned}$$

命题 3.4 证明

证明：由于 $w^{Y^*} - w^{X^*} > 0$, $p^{Y^*} - p^{X^*} > 0$ 易证 $w^{Y^*} > w^{X^*}$, $p^{Y^*} > p^{X^*}$ 。

命题 3.5 证明

证明：由 $\pi^{Y^*} - \pi^{X^*} > 0$, $\pi_r^{Y^*} - \pi_r^{X^*} > 0$, $\pi_m^{Y^*} - \pi_m^{X^*} > 0$ 可证得 $\frac{1}{2}c\gamma^2 < \frac{B^2 - A^2}{16\beta}$

$$\beta(F - f) < \theta(1 - k) + \lambda(t - T) + R(\gamma)。$$

命题 3.6 证明

证明：由引理 3.1 和 3.2, 引理 3.3 和 3.4 亦知 $\pi^{D^*} - \pi^{X^*} > 0$, $\pi^{E^*} - \pi^{Y^*} > 0$, 故 $\pi^{D^*} > \pi^{X^*}$, $\pi^{E^*} > \pi^{Y^*}$ 。

引理 3.5 证明

证明：与引理 3.2 和推论 3.1 证明类似, 投资逆推归纳法求得平台最优销售价格 p^{S^*} 。契约协调下的最优销售价格 p^{S^*} 与集中决策下的最优销售价格 p^{E^*} 相等,

即 $p^{S^*} = p^{E^*}$, 可得 $\frac{w}{1-\eta} = F$, 即 $w^{S^*} = (1-\eta)F$ 时满足一定条件下平台供应链系统利

润最大。将 w^{S^*} 和 p^{S^*} 代入公式 (9) 和 (10) 得到 $\pi_r^{S^*}$ 和 $\pi_m^{S^*}$, 易得 π^{S^*} 。现已满足

$\pi_m^{S^*} + \pi_r^{S^*} = \pi^{E^*}$, 即平台供应链系统利润达到集中决策水平, 其次当 $\pi_m^{S^*} \geq \pi_m^{Y^*}$,

$\pi_r^{S^*} \geq \pi_r^{Y^*}$ 时, 求得 η 取值范围。

证毕。

附录 2 第四章证明

引理 4.1 证明

证明：对利润函数 π_A^{NN} 和 π_B^{NN} 关于定价 p_A^{NN} 和 p_B^{NN} ，得到

$$\frac{\partial \pi_A^{NN}}{\partial p_A^{NN}} = -C(1-\gamma)p_A^{NN} + (1-\gamma)[a(1+\mu) - p_A^{NN} + \beta(-p_A^{NN} + p_B^{NN})] \quad \text{和}$$

$$\frac{\partial \pi_B^{NN}}{\partial p_B^{NN}} = (1-\gamma)[a(1+\mu) + \beta(p_A^{NN} - p_B^{NN}) - p_B^{NN}] - C(1-\gamma)p_B^{NN}。其次，二阶导数条件为$$

$$\frac{\partial^2 \pi_A^{NN}}{(\partial p_A^{NN})^2} = \frac{\partial^2 \pi_B^{NN}}{(\partial p_B^{NN})^2} = -2C(1-\gamma) < 0。因此，得到了两个最优解 p_A^{NN} 和 p_B^{NN} 。当$$

$$\frac{\partial \pi_A^{NN}}{\partial p_A^{NN}} = \frac{\partial \pi_B^{NN}}{\partial p_B^{NN}} = 0, \text{可以得到 } p_A^{NN*} = p_B^{NN*} = \frac{a(1+\mu)}{D}。接下来，将这两个最优解 p_A^{NN*} 和 $p_B^{NN*}$$$

带入到 d_A^{NN} ， d_B^{NN} ， π_A^{NN} ， π_B^{NN} 和 π_O^{NN} 。从而得到了 $d_A^{NN*} = d_B^{NN*} = \frac{a(1+\mu)C}{D}$ ，

$$\pi_A^{NN*} = \pi_B^{NN*} = \frac{(1-\gamma)a^2(1+\mu)^2C}{D^2}, \text{ 和 } \pi_O^{NN*} = \frac{2\gamma a^2(1+\mu)^2C}{D^2}。因此，引理 4.1 得以证明。$$

引理 4.2 证明

证明：首先，对利润函数 π_A^{SN} 和 π_B^{SN} 关于 p_A^{SN} 和 p_B^{SN} 进行求导，得到

$$\frac{\partial \pi_A^{SN}}{\partial p_A^{SN}} = -C(1-\gamma)p_A^{SN} + (1-\gamma)[a(1+\mu) + \kappa g^{SN} - p_A^{SN} + \beta(-p_A^{SN} + p_B^{SN})] \quad \text{和}$$

$$\frac{\partial \pi_B^{SN}}{\partial p_B^{SN}} = (1-\gamma)[a(1+\mu) + \beta(p_A^{SN} - p_B^{SN}) - p_B^{SN}] - C(1-\gamma)p_B^{SN}。其次，进行二次求导得到$$

$$\frac{\partial^2 \pi_A^{SN}}{(\partial p_A^{SN})^2} = \frac{\partial^2 \pi_B^{SN}}{(\partial p_B^{SN})^2} = -2C(1-\gamma) < 0。因此，可知存在两个最优解 p_A^{SN} 和 p_B^{SN} 。当 $\frac{\partial \pi_A^{SN}}{\partial p_A^{SN}} = 0$$$

$$\text{和 } \frac{\partial \pi_B^{SN}}{\partial p_B^{SN}} = 0 \text{ 时，可以得到 } p_A^{SN*}(g^{SN}) = \frac{a(1+\mu)E + 2C\kappa g^{SN}}{H} \text{ 和 } p_B^{SN*}(g^{SN}) = \frac{a(1+\mu)E + \beta\kappa g^{SN}}{H}。\\$$

随后，将 $p_A^{SN*}(g^{SN})$ 和 $p_B^{SN*}(g^{SN})$ 带入 π_O^{SN} 。对新得到得利润函数 π_O^{SN} 关于 g^{SN} 进行求导，可得到一阶导数

$$\frac{\partial \pi_O^{SN}}{\partial g^{SN}} = \frac{4a(1+\mu)C\gamma\kappa + 2[-mD^2 + \frac{2CF\gamma\kappa^2}{E^2}]g^{SN}}{2D^2}, \text{ 接着进行二次求导得到}$$

$$\frac{\partial^2 \pi_O^{SN}}{(\partial g^{SN})^2} = -mE^2D^2 + 2CF\gamma\kappa^2 < 0。因此，函数存在最优解 g^{SN} 。当 $\frac{\partial \pi_O^{SN}}{\partial g^{SN}} = 0$ 时，区块$$

$$\text{链投资水平为 } g^{SN*} = \frac{2a(1+\mu)CE^2\gamma\kappa}{mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2}。接下来，将 g^{SN*} 代入 $p_A^{SN*}(g^{SN})$ 和 $p_B^{SN*}(g^{SN})$ 中，$$

可得 $p_A^{SN*} = \frac{a(1+\mu)(mDE^2 + 2\beta C\gamma\kappa^2)}{mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2}$ 和 $p_B^{SN*} = \frac{a(1+\mu)(mDE^2 - 4C^2\gamma\kappa^2)}{mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2}$ 。将 g^{SN*} , p_A^{SN*} 和

p_B^{SN*} 代入 d_A^{SN} , d_B^{SN} , π_A^{SN} , π_B^{SN} 和 π_O^{SN} 中, 可得 $d_B^{SN*} = \frac{a(1+\mu)C(mDE^2 - 4C^2\gamma\kappa^2)}{mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2}$,

$$d_A^{SN*} = \frac{a(1+\mu)C(mDE^2 + 2\beta C\gamma\kappa^2)}{mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2},$$

$$\pi_A^{SN*} = \frac{a^2(1+\beta)(1-\gamma)(mDE^2 + 2\beta C\gamma\kappa^2)^2(1+\mu)^2}{(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2} - f, \quad ,$$

$$\pi_B^{SN*} = \frac{(1-\gamma)a^2(1+\mu)^2C(mDE^2 - 4C^2\gamma\kappa^2)^2}{(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2} \text{ 和 } \pi_O^{SN*} = \frac{2\gamma a^2(1+\mu)^2C(mE^2 - C\gamma\kappa^2)}{mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2} + f。引理$$

4.2 可证。

引理 4.3 证明

证明：同引理 4.2。

命题 4.1 证明

证明：不同情况得最优定价 p_j^{i*} , g^{i*} 分别关于 κ 进行一阶导数运算, 得到

$$\frac{\partial p_A^{NN*}}{\partial \kappa} = \frac{\partial p_B^{NN*}}{\partial \kappa} = 0, \quad \frac{\partial p_A^{SN*}}{\partial \kappa} = \frac{8a(1+\mu)mC^2DE^3\gamma\kappa}{(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2} = \frac{8a(1+\mu)mC^2DE^3\gamma\kappa}{M_5^2} > 0, \quad ,$$

$$\frac{\partial p_B^{SN*}}{\partial \kappa} = \frac{4a(1+\mu)m\beta CDE^3\gamma\kappa}{(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2} > 0, \quad \frac{\partial p_A^{SS*}}{\partial \kappa} = \frac{\partial p_B^{SS*}}{\partial \kappa} = \frac{8a(1+\mu)mCD\gamma\kappa}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^2} > 0, \quad \frac{\partial g^{NN*}}{\partial \kappa} = 0, \quad ,$$

$$\frac{\partial g^{SN*}}{\partial \kappa} = \frac{2a(1+\mu)CE^2\gamma(mD^2E^2 + 2CF\gamma\kappa^2)}{(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2} > 0, \quad \frac{\partial g^{SS*}}{\partial \kappa} = \frac{4a(1+\mu)C\gamma(mD^2 + 4C\gamma\kappa^2)}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^2} > 0。决$$

策变量随着消费者对区块链敏感度系数的增加而增加。不同情况得最优利润关于

$$\kappa \text{ 进 行 一 阶 导 数 运 算 } \frac{\partial \pi_A^{NN*}}{\partial \kappa} = \frac{\partial \pi_B^{NN*}}{\partial \kappa} = 0, \quad ,$$

$$\frac{\partial \pi_A^{SN*}}{\partial \kappa} = \frac{16a^2(1+\mu)^2mC^3DE^3(1-\gamma)\gamma\kappa(mDE^2 + 2\beta C\gamma\kappa^2)}{(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^3} > 0, \quad ,$$

$$\frac{\partial \pi_A^{SS*}}{\partial \kappa} = \frac{\partial \pi_B^{SS*}}{\partial \kappa} = \frac{16a^2(1+\mu)^2m^2C^2D^2(1-\gamma)\gamma\kappa}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^3} > 0, \quad , \quad \frac{\partial \pi_O^{NN*}}{\partial \kappa} = 0, \quad ,$$

$$\frac{\partial \pi_O^{SN*}}{\partial \kappa} = \frac{4a^2(1+\mu)^2mC^2E^4\gamma^2\kappa}{(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2} > 0, \quad , \quad \frac{\partial \pi_O^{SS*}}{\partial \kappa} = \frac{16a^2(1+\mu)^2mC^2\gamma^2\kappa}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^2} > 0。。$$

$$\frac{\partial \pi_B^{SN*}}{\partial \kappa} = \frac{8a^2(1+\mu)^2m\beta C^2DE^3(1-\gamma)\gamma\kappa(mDE^2 - 4C^2\gamma\kappa^2)}{(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^3}, \text{ 其中 } \frac{\partial \pi_B^{SN*}}{\partial \kappa} > 0。随着消费者对$$

区块链技术敏感度增加, 平台和供应商的利润也会增加。因此, 命题 4.1 得证。

命题 4.2 证明

证明：不同情况得最优定价 p_j^{i*} ， g^{i*} 分别关于 β 进行一阶导数运算，

$$\frac{\partial p_A^{NN*}}{\partial \beta} = \frac{\partial p_B^{NN*}}{\partial \beta} = -\frac{a(1+\mu)}{D^2} < 0, \quad ,$$

$$\frac{\partial p_A^{SN*}}{\partial \beta} = -\frac{a(1+\mu)[m^2 D^2 E^4 + 4m\beta^2 CE^2 \gamma \kappa^2 - 4C^2(-4+5\beta^2)\gamma^2 \kappa^4]}{(mD^2 E^2 - 2CF\gamma \kappa^2)^2}, \quad \text{令}$$

$$M_1 = m^2 D^2 E^4 + 4m\beta^2 CE^2 \gamma \kappa^2 - 4C^2(-4+5\beta^2)\gamma^2 \kappa^4。 \quad \text{因 为 } mD^2 E^2 - 2CF\gamma \kappa^2 > 0, \quad ,$$

$$M_1 > \frac{8C^2 \gamma^2 \kappa^4 (16 + 40\beta + 48\beta^2 + 38\beta^3 + 15\beta^4)}{D^2} > 0。 \text{所以, } \frac{\partial p_A^{SN*}}{\partial \beta} = -\frac{a(1+\mu)M_1}{(mD^2 E^2 - 2CF\gamma \kappa^2)^2} < 0。$$

$$\frac{\partial p_B^{SN*}}{\partial \beta} = -\frac{a(1+\mu)[m^2 D^2 E^4 - 2mE^2(12 + 28\beta + 21\beta^2 + 4\beta^3)\gamma \kappa^2 + 8C^2(4 + 10\beta + 5\beta^2)\gamma^2 \kappa^4]}{(mD^2 E^2 - 2CF\gamma \kappa^2)^2}, \quad \text{令}$$

$$M_2 = m^2 D^2 E^4 - 2mE^2(12 + 28\beta + 21\beta^2 + 4\beta^3)\gamma \kappa^2 + 8C^2(4 + 10\beta + 5\beta^2)\gamma^2 \kappa^4。 \quad \text{因 为}$$

$$mD^2 E^2 - 2CF\gamma \kappa^2 > 0 \quad \text{和} \quad M_2 > \frac{4\beta C(16 + 40\beta + 48\beta^2 + 38\beta^3 + 15\beta^4)\gamma^2 \kappa^4}{D^2} > 0。 \quad \text{所 以}$$

$$\frac{\partial p_B^{SN*}}{\partial \beta} = -\frac{a(1+\mu)M_2}{(mD^2 E^2 - 2CF\gamma \kappa^2)^2} < 0。 \quad \frac{\partial p_A^{SS*}}{\partial \beta} = \frac{\partial p_B^{SS*}}{\partial \beta} = -\frac{a(1+\mu)m(mD^2 - 4\gamma \kappa^2)}{(mD^2 - 4C\gamma \kappa^2)^2}, \quad \text{令}$$

$$M_3 = mD^2 - 4\gamma \kappa^2。 \quad \text{因 为 } mD^2 - 4C\gamma \kappa^2 > 0 \quad \text{和} \quad M_3 > 4\beta \gamma \kappa^2 > 0。 \quad \text{所 以},$$

$$\frac{\partial p_A^{SS*}}{\partial \beta} = \frac{\partial p_B^{SS*}}{\partial \beta} = -\frac{a(1+\mu)mM_3}{(mD^2 - 4C\gamma \kappa^2)^2} < 0。 \quad \frac{\partial g^{NN*}}{\partial \beta} = 0, \quad ,$$

$$\frac{\partial g^{SN*}}{\partial \beta} = -\frac{2a(1+\mu)DE\gamma \kappa(m\beta E^3 + 8C^2 \gamma \kappa^2)}{(mD^2 E^2 - 2CF\gamma \kappa^2)^2} < 0, \quad \frac{\partial g^{SS*}}{\partial \beta} = -\frac{4a(1+\mu)m\beta D\gamma \kappa}{(mD^2 - 4C\gamma \kappa^2)^2} < 0。 \text{决策变量随}$$

着竞争的加剧而减少。下面，对不同情况得最优利润进行关于 β 进行一阶导数运

$$\text{算。} \quad \frac{\partial \pi_A^{NN*}}{\partial \beta} = \frac{\partial \pi_B^{NN*}}{\partial \beta} = -\frac{(1-\gamma)a^2(1+\mu)^2 \beta}{D^3} < 0。 \quad \frac{\partial \pi_A^{SN*}}{\partial \beta} = \frac{a^2(1+\mu)^2(1-\gamma)(mDE^2 + 2\beta C\gamma \kappa^2)N_5}{(mD^2 E^2 - 2CF\gamma \kappa^2)^3}。$$

$$\text{令 } N_5 = -m^2 \beta D^2 E^4 - 4mCE^2(4 + 8\beta + 9\beta^2 + 4\beta^3)\gamma \kappa^2 + 4C^2(-8 - 12\beta + 2\beta^2 + 5\beta^3)\gamma^2 \kappa^4。 \text{因为}$$

$$mD^2 E^2 - 2CF\gamma \kappa^2 > 0, \quad N_5 < \frac{-16C^3(16 + 40\beta + 48\beta^2 + 38\beta^3 + 15\beta^4)\gamma^2 \kappa^4}{D^2} < 0, \text{所以 } \frac{\partial \pi_A^{SN*}}{\partial \beta} < 0。$$

$$\frac{\partial \pi_B^{SN*}}{\partial \beta} = \frac{(1-\gamma)a^2(1+\mu)^2(-mDE^2 + 4C^2 \gamma \kappa^2)N_6}{(mD^2 E^2 - 2CF\gamma \kappa^2)^3}, \quad \text{令}$$

$$N_6 = m^2 \beta D^2 E^4 - 2mCE^2(8 + 20\beta + 14\beta^2 + \beta^3)\gamma \kappa^2 + 8C^3 D(2 + 5\beta)\gamma^2 \kappa^4。 \quad \text{因 为}$$

$$mD^2 E^2 - 2CF\gamma \kappa^2 > 0, \quad N_6 > \frac{4C^2 \gamma^2 \kappa^4(32\beta + 80\beta^2 + 96\beta^3 + 76\beta^4 + 30\beta^5)}{D^2} > 0, \text{所以 } \frac{\partial \pi_B^{SN*}}{\partial \beta} < 0。$$

$$\frac{\partial \pi_A^{SS*}}{\partial \beta} = \frac{\partial \pi_B^{SS*}}{\partial \beta} = -\frac{(1-\gamma)a^2(1+\mu)^2 m^2 \beta D [m(2+\beta)^2 + 4C\gamma\kappa^2]}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^3} < 0, \quad \frac{\partial \pi_o^{NN*}}{\partial \beta} = -\frac{2\gamma a^2(1+\mu)^2 \beta}{D^3} < 0。$$

$$\frac{\partial \pi_o^{SN*}}{\partial \beta} = -\frac{2a^2(1+\mu)^2 \gamma N_7}{(mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2}, \quad \text{令 } N_7 = m^2 \beta D E^4 - 2m\beta C D E^2 \gamma \kappa^2 + 2C^2(4+10\beta+5\beta^2)\gamma^2 \kappa^4。$$

因为 $mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2 > 0$, $N_7 > \frac{2C^2 \gamma^2 \kappa^4 (8+48\beta+132\beta^2+203\beta^3+160\beta^4+50\beta^5)}{D^3} > 0$, 所以

$$\frac{\partial \pi_o^{SN*}}{\partial \beta} < 0。 \quad \frac{\partial \pi_o^{SS*}}{\partial \beta} = -\frac{2\gamma a^2(1+\mu)^2 m^2 \beta D}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^2} < 0。 \text{ 竞争强度的增加导致平台和供应商的}$$

利润下降。因此，命题 4.2 得证。

命题 4.3 证明

证明：不同情况得最优定价和投资量 p_j^* , g^{i*} 分别关于 μ 进行一阶导数运算，

$$\text{得到 } \frac{\partial p_A^{NN*}}{\partial \mu} = \frac{\partial p_B^{NN*}}{\partial \mu} = \frac{a}{D}, \quad \frac{\partial p_A^{SN*}}{\partial \mu} = \frac{a(mDE^2 + 2\beta C\gamma\kappa^2)}{mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2} > 0, \quad \frac{\partial p_B^{SN*}}{\partial \mu} = \frac{a(mDE^2 - 4C^2\gamma\kappa^2)}{mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2}。 \text{ 令}$$

$$M_5 = mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2。 \text{ 因为 } mD^2 - 4C\gamma\kappa^2 > 0, \quad M_4 > \frac{4C\gamma\kappa^2(2+9\beta+8\beta^2)}{D} > 0 \text{ 和}$$

$$M_5 > 2C\gamma\kappa^2(4+32\beta+23\beta^2) > 0。 \text{ 因此, } \frac{\partial p_A^{SN*}}{\partial \mu} = \frac{a(mDE^2 + 2\beta C\gamma\kappa^2)}{M_5} > 0, \quad \frac{\partial p_B^{SN*}}{\partial \mu} = \frac{aM_4}{M_5} > 0。$$

$$\frac{\partial p_A^{SS*}}{\partial \mu} = \frac{\partial p_B^{SS*}}{\partial \mu} = \frac{amD}{mD^2 - 4C\gamma\kappa^2} > 0, \quad \frac{\partial g^{NN*}}{\partial \mu} = 0, \quad \frac{\partial g^{SN*}}{\partial \mu} = \frac{2aCE^2\gamma\kappa}{mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2} = \frac{2aCE^2\gamma\kappa}{M_5} > 0,$$

$$\frac{\partial g^{SS*}}{\partial \mu} = \frac{4aC\gamma\kappa}{mD^2 - 4C\gamma\kappa^2} > 0。 \text{ 决策变量随着网络外部性强度的增加而增加。不同情况}$$

得最优利润分别关于 μ 进行一阶导数运算，得到

$$\frac{\partial \pi_A^{NN*}}{\partial \mu} = \frac{\partial \pi_B^{NN*}}{\partial \mu} = \frac{2(1-\gamma)a^2(1+\mu)C}{D^2} > 0, \quad \frac{\partial \pi_A^{SN*}}{\partial \mu} = \frac{(1-\gamma)2(1+\mu)C(amDE^2 + 2a\beta C\gamma\kappa^2)^2}{(mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2} > 0,$$

$$\frac{\partial \pi_B^{SN*}}{\partial \mu} = \frac{2(1-\gamma)(1+\mu)C(amDE^2 - 4aC^2\gamma\kappa^2)^2}{(mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2} > 0, \quad \frac{\partial \pi_A^{SS*}}{\partial \mu} = \frac{\partial \pi_B^{SS*}}{\partial \mu} = \frac{2(1-\gamma)a^2(1+\mu)m^2 CD^2}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^2} > 0。$$

$$\frac{\partial \pi_o^{NN*}}{\partial \mu} = \frac{4\gamma a^2(1+\mu)C}{D^2} > 0。 \quad \frac{\partial \pi_o^{SN*}}{\partial \mu} = \frac{4\gamma a^2(1+\mu)C(mE^2 - C\gamma\kappa^2)}{mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2}, \quad \text{其中}$$

$$mE^2 - C\gamma\kappa^2 > \frac{C\gamma\kappa^2(4+12\beta+9\beta^2)}{D^2} > 0, \text{ 所以 } \frac{\partial \pi_o^{SN*}}{\partial \mu} > 0。 \quad \frac{\partial \pi_o^{SS*}}{\partial \mu} = \frac{4\gamma a^2(1+\mu)mC}{mD^2 - 4C\gamma\kappa^2} > 0。 \text{ 网}$$

络外部性强度的增加提升了平台和供应商的利润。命题 4.3 得证。

命题 4.4 证明

$$\text{证 明 : } p_A^{SS*} - p_A^{SN*} = \frac{4a(1+\mu)(1+\beta)\gamma\kappa^2[mD(1+2\beta)E + 2\beta C\gamma\kappa^2]}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)(mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)} > 0, \quad ,$$

$$p_A^{SN*} - p_A^{NN*} = \frac{4a(1+\mu)C^2E\gamma\kappa^2}{D(m^3E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)} > 0, \quad p_A^{SN*} - p_B^{SN*} = \frac{2a(1+\mu)CE\gamma\kappa^2}{mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2} > 0。$$

$$p_B^{SS*} - p_B^{SN*} = \frac{2a(1+\mu)C\gamma\kappa^2[mDE(4+5\beta) - 8C^2\gamma\kappa^2]}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)}。令 N_1 = mDE(4+5\beta) - 8C^2\gamma\kappa^2。因为$$

$$mD^2 - 4C\gamma\kappa^2 > 0, \quad N_1 > \frac{4C\gamma\kappa^2(4+16\beta+13\beta^2)}{D} > 0, \quad 所以$$

$$p_B^{SS*} - p_B^{SN*} = \frac{2a(1+\mu)C\gamma\kappa^2 N_1}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)} > 0。p_B^{SN*} - p_B^{NN*} = \frac{2a(1+\mu)\beta CE\gamma\kappa^2}{D(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)} > 0。$$

因此, $p_A^{SS*} = p_B^{SS*} > p_A^{SN*} > p_B^{SN*} > p_B^{NN*} = p_A^{NN*}$, 命题 4.4 得证。

推论 4.1 证明:

$$证 明 : (1) \frac{\partial(p_A^{SS*} - p_A^{SN*})}{\partial\beta} = -\frac{4a\gamma\kappa^2(1+\mu)N_2}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^2(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2}, \quad 其中$$

$$N_2 = \frac{m^3\beta D^4 E^2(8+19\beta+12\beta^2) - 2m^2\beta CD^2(40+220\beta+426\beta^2+355\beta^3+111\beta^4)\gamma\kappa^2 - 4mC^2(-16+120\beta^2+216\beta^3+159\beta^4+46\beta^5)\gamma^2\kappa^4 + 16C^4(-4+5\beta^2)\gamma^3\kappa^6}{1}。$$

$$因 mD^2 - 4C\gamma\kappa^2 > 0, \quad N_2 > \frac{16C^3\gamma^3\kappa^6(16\beta+128\beta^2+360\beta^3+416\beta^4+169\beta^5)}{D^2} > 0, \quad 所以$$

$$\frac{\partial(p_A^{SS*} - p_A^{SN*})}{\partial\beta} < 0。 \quad \frac{\partial(p_A^{SN*} - p_B^{SN*})}{\partial\beta} = \frac{2a(1+\mu)\gamma\kappa^2 N_3}{(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2}, \quad 令$$

$$N_3 = -mDE^2(6+11\beta+6\beta^2) + 2(4+20\beta+15\beta^2)C^2\gamma\kappa^2。因 mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2 > 0,$$

$$N_3 < -(40+144\beta+254\beta^2+206\beta^3+60\beta^4) < 0, \quad 所以 \frac{\partial(p_A^{SN*} - p_B^{SN*})}{\partial\beta} < 0。竞争强度的增加$$

$$减少了产品定价差异。(2) \frac{\partial(p_A^{SS*} - p_A^{SN*})}{\partial\mu} = \frac{4aC\gamma\kappa^2[m(D(1+2\beta)E + 2\beta C\gamma\kappa^2)]}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)} > 0,$$

$$\frac{\partial(p_A^{SN*} - p_B^{SN*})}{\partial\mu} = \frac{2aCE\gamma\kappa^2}{mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2} > 0。网络外部性的增加增加了产品定价差异。(3)$$

$$\frac{\partial(p_A^{SS*} - p_A^{SN*})}{\partial\kappa} = \frac{(8a(1+\mu)mCD\gamma\kappa N_4)}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^2(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2}$$

$$N_4 = m^2D^4(1+2\beta)E^3 + 4m\beta CD^3E^2\gamma\kappa^2 - 4C^2(16+112\beta+256\beta^2+244\beta^3+83\beta^4)\gamma^2\kappa^4。因$$

$$mD^2 - 4C\gamma\kappa^2 > 0, \quad N_4 > 4(1+\beta)^2\gamma^2\kappa^4(16+128\beta+360\beta^2+416\beta^3+169\beta^4) > 0, \quad 所以$$

$$\frac{\partial(p_A^{SS*} - p_A^{SN*})}{\partial\kappa} > 0。 \frac{\partial(p_A^{SN*} - p_B^{SN*})}{\partial\kappa} = \frac{4a(1+\mu)mCD^2E^3\gamma\kappa}{(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2} > 0。增加消费者对区块链技术的$$

信任, 并增加产品定价差异。因此, 推论 4.1 得证。

命题 4.5 证明

证明： $g^{SS*} - g^{SN*} = \frac{2a(1+\mu)C\gamma\kappa(mD^2E^2 + 16\beta C^2\gamma\kappa^2)}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)} > 0$ ，随着平台共享更多区块链技术，对区块链技术的投资水平也在提高。因此，命题 4.5 得证。

命题 4.6 证明

证 明： $\pi_O^{SS*} - \pi_O^{SN*} = f + \frac{2a^2(1+\mu)^2C^2\gamma^2\kappa^2S_1}{S_2}$ ，其中 $S_1 = 3mE^2 - 4C\gamma\kappa^2$ 和 $S_2 = m^2D^4E^2 - 2mCD^2(12 + 32\beta + 23\beta^2)\gamma\kappa^2 + 8C^2(4 + 8\beta + 5\beta^2)\gamma^2\kappa^4$ 。因 $mD^2 - 4C\gamma\kappa^2 > 0$ ， $S_1 > \frac{4C\gamma\kappa^2(8 + 32\beta + 26\beta^2)}{D^2} > 0$ 和 $S_2 > 8C^2\gamma^2\kappa^4[2(2 + 3\beta)^2 - (12 + 32\beta + 23\beta^2) + (4 + 8\beta + 5\beta^2)] = 0$ ，所以 $\pi_O^{SS*} - \pi_O^{SN*} > 0$ 。
 $\pi_O^{SN*} - \pi_O^{NN*} = f + \frac{2a^2(1+\mu)^2C^2E^2\gamma^2\kappa^2}{mD^4E^2 - 2CD^2F\gamma\kappa^2} > 0$ 。因此 $\pi_O^{SS*} > \pi_O^{SN*} > \pi_O^{NN*}$ ，命题 4.6 得证。

命题 4.7 证明

证 明： $\pi_A^{SN*} - \pi_A^{NN*} = -f + \frac{8a^2(1+\mu)^2C^3E(1-\gamma)\gamma\kappa^2S_3}{(mD^3E^2 - 2CDF\gamma\kappa^2)^2}$ ，其中 $S_3 = mD^2E^2 - 2C(2 + 3\beta + 2\beta^2)\gamma\kappa^2$ 。因 $mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2 > 0$ ， $S_3 > 2C\gamma\kappa^2(2 + 5\beta + 3\beta^2) > 0$ 。所以 $\pi_A^{SN*} - \pi_A^{NN*}$ 得大小取决于 f 。令 $f^{SA-NN} = -f + \frac{8a^2(1+\mu)^2C^3E(1-\gamma)\gamma\kappa^2S_3}{(mD^3E^2 - 2CDF\gamma\kappa^2)^2}$ 。
 $\pi_A^{SS*} - \pi_A^{SN*} = (1-\gamma)a^2(1+\mu)^2C(S_4 + S_5)(S_4 - S_5)$ ，其中 $S_4 = \frac{mD}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)}$ ， $S_5 = \frac{(mDE^2 + 2\beta C\gamma\kappa^2)}{(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)}$ 。 $S_4 - S_5 = \frac{4C\gamma\kappa^2[mD(1+2\beta)E + 2\beta C\gamma\kappa^2]}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)} > 0$ ，因此， $\pi_A^{SS*} - \pi_A^{SN*} > 0$ 。 $\pi_A^{SS*} - \pi_A^{NN*} = -f + \frac{8a^2(1+\mu)^2C^2(1-\gamma)\gamma\kappa^2(mD^2 - 2C\gamma\kappa^2)}{(mD^3 - 4CD\gamma\kappa^2)^2}$ ， $\pi_A^{SS*} - \pi_A^{NN*}$ 得大小取决于 f 。令 $f^{WW-NN} = \frac{8a^2(1+\mu)^2C^2(1-\gamma)\gamma\kappa^2(mD^2 - 2C\gamma\kappa^2)}{(mD^3 - 4CD\gamma\kappa^2)^2}$ 。
 $\pi_B^{SS*} - \pi_B^{SN*} = -f + \frac{4a^2(1+\mu)^2C^2(1-\gamma)\gamma\kappa^2S_6}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^2(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2}$ 其中 $S_6 = m^3D^4E^3(4 + 5\beta) - m^2CD^2E(96 + 328\beta + 378\beta^2 + 149\beta^3)\gamma\kappa^2 + 32mC^3D(6 + 15\beta + 10\beta^2)\gamma^2\kappa^4 - 64C^5\gamma^3\kappa^6$ 。因为 $mD^2 - 4C\gamma\kappa^2 > 0$ ， $S_6 > \frac{16C^3\gamma^3\kappa^6(28 + 168\beta + 408\beta^2 + 440\beta^3 + 173\beta^4)}{D^2} > 0$ ，所以 $\pi_B^{SS*} - \pi_B^{SN*}$ 得大小取决于 f 。令 $f^{WW-SB} = \frac{4a^2(1+\mu)^2C^2(1-\gamma)\gamma\kappa^2S_6}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^2(mD^2E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2}$ 。

$$\pi_B^{SS*} - \pi_B^{NN*} = -f + \frac{8a^2(1+\mu)^2 C^2(1-\gamma)\gamma\kappa^2(mD^2 - 2C\gamma\kappa^2)}{(mD^3 - 4CD\gamma\kappa^2)^2}, \quad \pi_B^{SS*} - \pi_B^{NN*} \text{ 的大小取决于 } f。$$

$$\text{令 } f^{WW-NN} = \frac{8a^2(1+\mu)^2 C^2(1-\gamma)\gamma\kappa^2(mD^2 - 2C\gamma\kappa^2)}{(mD^3 - 4CD\gamma\kappa^2)^2}。$$

$$\pi_B^{SN*} - \pi_B^{NN*} = \frac{a^2(1+\mu)^2 C^2(1-\gamma)4\beta E\gamma\kappa^2 S_7}{(mD^3 E^2 - 2CDF\gamma\kappa^2)^2}, \quad S_7 = mD^2 E^2 - C(8+14\beta+7\beta^2)\gamma\kappa^2。 \quad \text{因}$$

$$mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2 > 0, \quad S_7 > CE\beta\gamma\kappa^2 > 0, \quad \text{所以 } \pi_B^{SN*} - \pi_B^{NN*} > 0。$$

$$f^{SA-SB} - f^{SA-NN} = \frac{-4a^2(1+\mu)^2 \beta C^2 E(1-\gamma)\gamma\kappa^2(mD^2 E^2 - C(8+14\beta+\beta^2)\gamma\kappa^2)}{(mD^3 E^2 - 2CDF\gamma\kappa^2)^2}, \quad \text{其中}$$

$$mD^2 E^2 - C(8+14\beta+\beta^2)\gamma\kappa^2 > \gamma\kappa^2 \beta CE > 0, \quad ,$$

$$f^{SA-SB} - f^{SA-NN} = \frac{-4a^2(1+\mu)^2 \beta C^2 E(1-\gamma)\gamma\kappa^2(mD^2 E^2 - C(8+14\beta+\beta^2)\gamma\kappa^2)}{(mD^3 E^2 - 2CDF\gamma\kappa^2)^2} < 0。 \quad \text{。}$$

$$f^{WW-NN} - f^{WW-SB} = \frac{4a^2 \beta C^2 E(1-\gamma)\gamma\kappa^2(mD^2 E^2 - C(8+14\beta+7\beta^2)\gamma\kappa^2)(1+\mu)^2}{(mD^3 E^2 - 2CDF\gamma\kappa^2)^2}, \quad \text{其中}$$

$$mD^2 E^2 - C(8+14\beta+7\beta^2)\gamma\kappa^2 > (1+\beta)\gamma\kappa^2(8+50\beta+29\beta^2) > 0, \quad f^{WW-NN} - f^{WW-SB} > 0。$$

$$f^{WW-SB} - f^{SA-NN} = \frac{a^2(1+\mu)^2 C4C(1-\gamma)\gamma\kappa^2 S_8}{D^2(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^2(mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2}, \quad ,$$

$$S_8 = m^3 D^6 E^4 + m^2 CD^4 E^2(-12-8\beta+\beta^2)\gamma\kappa^2 - 32m\beta C^3 D^2(12+32\beta+23\beta^2)\gamma^2 \kappa^4 + 64\beta C^4(4+8\beta+5\beta^2)\gamma^3 \kappa^6。 \quad \text{因 } mD^2 - 4C\gamma\kappa^2 > 0, \quad S_8 > 16C^3 \gamma^3 \kappa^6(16+96\beta+256\beta^2+288\beta^3+111\beta^4) > 0。 \quad \text{所以}$$

$$f^{WW-SB} - f^{SA-NN} > 0。 \quad \text{。}$$

$$f^{SA-NN} - f^{SA-SB} = \frac{4a^2(1+\mu)^2 \beta C^2 E(1-\gamma)\gamma\kappa^2(mD^2 E^2 - C(8+14\beta+7\beta^2)\gamma\kappa^2)}{(mD^3 E^2 - 2CDF\gamma\kappa^2)^2}, \quad \text{其中}$$

$$mD^2 E^2 - C(8+14\beta+7\beta^2)\gamma\kappa^2 > \gamma\kappa^2 \beta CE > 0, \quad f^{SA-NN} - f^{SA-SB} > 0。 \quad \text{。}$$

$$f^{SA-SB} > f^{SA-NN} > f^{WW-SB} > f^{WW-NN}。 \quad \text{因此, 命题 4.7 得证。}$$

证明公式过于复杂, 为例方便表示利用一些字母进行表示。涉及内容如下表所示:

$C = 1 + \beta$
$D = 2 + \beta$
$E = 2 + 3\beta$
$F = 4 + 8\beta + 5\beta^2$
$H = 4 + 8\beta + 3\beta^2$

$f^{SN} = \frac{a^2(1+\mu)^2 C(1-\gamma)(mDE^2 + 2\beta C\gamma\kappa^2)^2}{(mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2}$
$f^{SS} = \frac{(1-\gamma)a^2(1+\mu)^2 m^2 CD^2}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^2}$
$f^{SA-NN} = \frac{8a^2(1+\mu)^2 C^3 E(1-\gamma)\gamma\kappa^2(mD^2 E^2 - 2C(2+3\beta+2\beta^2)\gamma\kappa^2)}{(mD^3 E^2 - 2CDF\gamma\kappa^2)^2}$
$f^{WW-NN} = \frac{8a^2(1+\mu)^2 C^2(1-\gamma)\gamma\kappa^2(mD^2 - 2C\gamma\kappa^2)}{(mD^3 - 4CD\gamma\kappa^2)^2}$
$f^{SA-SB} = \frac{4a^2(1+\mu)^2 C^2 DE(1-\gamma)\gamma\kappa^2(mE^2 - C\gamma\kappa^2)}{(mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2}$
$f^{WW-SB} = \frac{(1-\gamma)a^2(1+\mu)^2 m^2 CD^2}{(mD^2 - 4C\gamma\kappa^2)^2} - \frac{a^2(1+\mu)^2 C(1-\gamma)(mDE^2 - 4C^2\gamma\kappa^2)^2}{(mD^2 E^2 - 2CF\gamma\kappa^2)^2}$

证毕。

附录 3 第五章证明

引理 5.1 证明

证明：首先，对利润函数 π_P^{IN} 和 π_R^{IN} 关于定价 p_P^{IN} 和 p_R^{IN} 的一阶导数进行求导。其次，对其二阶导数进行求导得到 $\frac{\partial^2 \pi_P^{IN}}{\partial (p_P^{IN})^2} = \frac{\partial^2 \pi_R^{IN}}{\partial (p_R^{IN})^2} = -2a < 0$ 。因此，函数存在两个最优解 p_P^{IN} 和 p_R^{IN} 。当 $\frac{\partial \pi_P^{IN}}{\partial p_P^{IN}} = 0$ 和 $\frac{\partial \pi_R^{IN}}{\partial p_R^{IN}} = 0$ 时，可得 $p_P^{IN*}(w^{IN}) = \frac{2+(a+2a\epsilon)w^{IN}}{3a}$ 和 $p_R^{IN*}(w^{IN}) = \frac{1+a(2+\epsilon)w^{IN}}{3a}$ 。随后，将 $p_P^{IN*}(w^{IN})$ 和 $p_R^{IN*}(w^{IN})$ 代入 π_S^{IN} ，将新得到函数 π_S^{IN} 关于批发价格 w^{IN} 进行一阶导数求导，有对其进行二阶导数求导得到 $\frac{\partial^2 \pi_S^{IN}}{\partial (w^{IN})^2} = -\frac{2}{3}aG^2 < 0$ 。因此，得到批发价格 w^{IN} 。令 $\frac{\partial \pi_S^{IN}}{\partial w^{IN}} = 0$ 时，供应商的给小平台的批发价格是 $w^{IN*} = \frac{1+2\epsilon}{2aG^2}$ 。接下来，将 w^{IN*} 代入 $p_P^{IN*}(w^{IN})$ 和 $p_R^{IN*}(w^{IN})$ 得到 $p_P^{IN*} = \frac{5-4\epsilon+8\epsilon^2}{6aG^2}$ 和 $p_R^{IN*} = \frac{4+\epsilon+4\epsilon^2}{6aG^2}$ 。最后，将 w^{IN*} ， p_P^{IN*} 和 p_R^{IN*} 代入 d_A^{IN} ， d_B^{IN} 和 π_z^{IN} 。可得 $d_A^{IN*} = \frac{3+2G}{6G}$ ， $d_B^{IN*} = \frac{4G-3}{6G}$ ， $\pi_P^{IN*} = \frac{(5-2\epsilon)^2}{36aG^2}$ ， $\pi_R^{IN*} = \frac{(1-4\epsilon)^2}{36aG^2}$ 和 $\pi_S^{IN*} = \frac{(1+2\epsilon)^2}{12aG^2}$ 。根据需求函数非负 $d_A^{IN*} \geq 0$ 和 $d_B^{IN*} \geq 0$ 得 $0 < \epsilon \leq \epsilon_1$ ，其中 $\epsilon_1 = \frac{1}{4}$ 。

引理 5.2 证明

证明：5.2 证明类似于引理 5.1 的证明。考虑到 $d_n^{CN*} \geq 0$ ，可得 $0 < \epsilon \leq \epsilon_2$ ，其中 $\epsilon_2 = \frac{1+m}{4+m-x}$ 。

引理 5.3 证明

证明：5.3 证明类似于引理 5.1 的证明，将不再重复考虑。同样， $d_A^{IN*} \geq 0$ 和 $d_B^{IN*} \geq 0$ ，可得 $0 < \epsilon \leq \epsilon_3$ ，其中 $\epsilon_3 = \frac{1-ab}{4-ab}$ 。

引理 5.4 证明

证明：5.4 证明类似于引理 5.1 的证明。考虑到 $d_n^{CV*} \geq 0$ ，可得 $0 < \epsilon \leq \epsilon_4$ ，其中 $\epsilon_4 = \frac{1-b+m}{4-b+m-x}$ 。

命题 5.1 证明

证明：分别计算渠道需求关于 b 的一阶偏导数，得到以下方程式：（1）

$$\frac{\partial d_A^{IY*}}{\partial b} = \frac{a}{6} > 0 ; \quad \frac{\partial d_B^{IY*}}{\partial b} = -\frac{a}{6} < 0 。 \quad (2) \quad \frac{\partial d_A^{CY*}}{\partial b} = \frac{1}{6-2x} > 0 ; \quad \frac{\partial d_B^{CY*}}{\partial b} = \frac{\beta-1}{2(3-x)} < 0 ;$$

$$\frac{\partial d_E^{CY*}}{\partial b} = \frac{-\beta}{2(3-x)} < 0 。$$

命题 5.2 证明

证明：分别计算价格关于 b 的一阶偏导数，得到以下方程式：（1）

$$\frac{\partial w_P^{IY*}}{\partial b} = \frac{\epsilon}{2(\epsilon-1)} < 0 ; \quad \frac{\partial w_R^{IY*}}{\partial b} = \frac{1}{2(\epsilon-1)} < 0 。 (2) \quad \frac{\partial p_P^{IY*}}{\partial b} = \frac{2}{3} + \frac{1}{2(\epsilon-1)} > 0 ; \quad \frac{\partial p_R^{IY*}}{\partial b} = \frac{\epsilon-4}{6(1-\epsilon)} < 0 ;$$

$$\frac{\partial p_R^{CY*}}{\partial b} = \frac{x(2-\epsilon)+\epsilon-4}{2(3-x)(1-x)(1-\epsilon)} < 0 ; \quad \frac{\partial p_P^{CY*}}{\partial b} = \frac{1-x(5-6\epsilon)+2x^2(1-\epsilon)-4\epsilon}{2(3-x)(1-x)(1-\epsilon)} , \text{ 发现分母比较容}$$

易小于 0，接下来比较分子 $1-x(5-6\epsilon)+2x^2(1-\epsilon)-4\epsilon$ ，结果较为复杂，利用梳理

分析发现如下结果，如果 $0 < \epsilon \leq \epsilon_5$ 并且 $0 < x < x_1$ ，那么 $\frac{\partial p_P^{CY*}}{\partial m} \leq 0$ ，否则的话 $\frac{\partial p_P^{CY*}}{\partial m} > 0$ 。

其中 $x_1 = \frac{5-\sqrt{17}}{4}$ ， $\epsilon_5 = 1 + \frac{1}{4-2x} + \frac{1}{-1+x}$ 。通过数值分析得到大小关系($a=0.7$ ， $b=0.1$ ，

$m=0.05$)。结果如图 5-4 所示。

命题 5.3 证明

证明：分别计算价格关于 b 的一阶偏导数，得到以下方程式：（1）

$$\frac{\partial \pi_P^{IY*}}{\partial b} = \frac{1}{18} \left(2+ab - \frac{3}{-1+\epsilon} \right) > 0 , \quad \frac{\partial \pi_P^{CY*}}{\partial b} = \frac{2+b-m-4x+x^2 + \frac{(3-x)(1+(-4+x)x)}{(1-x)(1-\epsilon)}}{2(-3+x)^2} 。 \text{ 发现分}$$

母比较容易大于 0，接下来比较分子 $2+b-m-4x+x^2 + \frac{(3-x)(1+(-4+x)x)}{(1-x)(1-\epsilon)}$ ，结果较

为复杂，利用梳理分析发现如下结果，如果 $0 < \epsilon \leq \epsilon_6$ 并且 $0 < x \leq x_2$ ，那么 $\frac{\partial \pi_P^{CY*}}{\partial b} \geq 0$ ，

否则的话 $\frac{\partial \pi_p^{CY*}}{\partial b} < 0$ 。其中 $x_2 = \frac{-1+b-m+4\epsilon-b\epsilon+m\epsilon}{\epsilon}$,

$\epsilon_6 = -\frac{5+b-m-19x-bx+mx+12x^2-2x^3}{(-1+x)(2+b-m-4x+x^2)}$ 。结果较为复杂, 通过数值分析得到大小关

系($a=0.7, b=0.1, m=0.05$)。结果如图 5-5 所示。(2) $\frac{\partial \pi_R^{IY*}}{\partial b} = \frac{1}{18}(-4+ab-\frac{3}{-1+\epsilon}) < 0$,

$\frac{\partial \pi_R^{CY*}}{\partial b} = -\frac{(1-x)(1-b+m+(-4+b-m+x)\epsilon)}{2(3-x)^2(1-\epsilon)} < 0$ 。(3) $\frac{\partial \pi_m^{IY*}}{\partial b} = \frac{1}{6}(2+ab+\frac{3}{-1+\epsilon}) < 0$,

$\frac{\partial \pi_m^{CY*}}{\partial b} = \frac{1}{2}(\frac{2+b-m-x}{3-x} + \frac{1}{-1+\epsilon}) < 0$ 。

命题 5.4 证明

证明: 分别计算渠道需求关于 x and m 的一阶偏导数, 得到以下方程式:

$$\frac{\partial d_A^{CN*}}{\partial x} = -\frac{1+m}{2K^2} < 0, \quad \frac{\partial d_A^{CY*}}{\partial x} = \frac{-1+b-m}{2K^2} < 0, \quad \frac{\partial d_B^{CN*}}{\partial x} = \frac{(1+m)(1-\beta)}{2K^2} > 0,$$

$$\frac{\partial d_B^{CY*}}{\partial x} = \frac{(1-b+m)(1-\beta)}{2K^2} > 0, \quad \frac{\partial d_E^{CN*}}{\partial x} = \frac{(1+m)\beta}{2K^2} > 0, \quad \frac{\partial d_E^{CY*}}{\partial x} = \frac{(1-b+m)\beta}{2K^2} > 0,$$

$$\frac{\partial d_A^{CJ*}}{\partial m} = \frac{-1}{2K} < 0, \quad \frac{\partial d_B^{CJ*}}{\partial m} = \frac{1-\beta}{2K} > 0 \text{ 和 } \frac{\partial d_E^{CJ*}}{\partial m} = \frac{\beta}{2K} > 0。$$

命题 5.5 证明

证明: 分别计算定价关于 x and m 的一阶偏导数, 得到以下方程式: (1)

$$\frac{\partial p_P^{CN*}}{\partial x} = \frac{1+m}{K^2} + \frac{2-(1-m)G}{2J^2G^2} \text{ 和 } \frac{\partial p_R^{CN*}}{\partial x} = \frac{1+m}{2K^2} + \frac{2-(1-m)G}{2J^2G^2}。因 0 < (1-m)G < 1, \quad \frac{\partial p_P^{CN*}}{\partial x} \geq 0 \text{ 和 } \frac{\partial p_R^{CN*}}{\partial x} \geq 0。$$

$$\frac{\partial p_P^{CY*}}{\partial x} = \frac{1-b+m}{K^2} + \frac{1}{J^2G^2} - \frac{1+b-m}{2J^2G} \text{ 和 } \frac{\partial p_R^{CY*}}{\partial x} = \frac{1-b+m}{3K^2} + \frac{1}{J^2G^2} - \frac{1+b-m}{2J^2G}。因 0 < \epsilon \leq \epsilon_4, \quad \frac{\partial p_P^{CY*}}{\partial x} \geq 0 \text{ 和 } \frac{\partial p_R^{CY*}}{\partial x} \geq 0。$$

$$(2) \quad \frac{\partial p_R^{CJ*}}{\partial m} = \frac{GJ+K}{2GJK} > 0 \text{ 和 } \frac{\partial p_P^{CJ*}}{\partial m} = \frac{-2GJ(-1+K)+K}{4GK}。令 \frac{\partial p_P^{CJ*}}{\partial m} \leq 0, \quad \text{可得 } x < \frac{5-\sqrt{17}}{4} \text{ 和}$$

$$0 < \epsilon \leq \frac{1-5x+2x^2}{2(2-x)(1-x)}, \text{ 相反 } \frac{\partial p_P^{CJ*}}{\partial m} \geq 0。$$

命题 5.6 证明

证明：通过比较两个平台在不同场景下的需求，得出以下结果。

$$d_A^{IY*} - d_A^{IN*} = \frac{ab}{6} > 0 \quad ; \quad d_A^{CY*} - d_A^{CN*} = \frac{b}{6-2x} > 0 \quad ; \quad d_B^{IY*} - d_B^{IN*} = -\frac{ab}{6} < 0 \quad ;$$

$$d_B^{CY*} - d_B^{CN*} = \frac{b\beta - b}{2(3-x)} < 0 \quad ; \quad d_E^{CY*} - d_E^{CN*} = -\frac{b\beta}{2(3-x)} < 0 \quad .$$

命题 5.7 证明

证明：通过比较不同场景下的产品价格（1） $p_P^{IY*} - p_P^{IN*} = \frac{b-4b\epsilon}{6-6\epsilon} > 0$ ；

$$p_P^{CY*} - p_P^{CN*} = b(1 + \frac{1}{-3+x} - \frac{1}{2(1-x)(1-\epsilon)}) \quad . \quad (2) \quad p_R^{IY*} - p_R^{IN*} = \frac{b(-4+\epsilon)}{6(-1+\epsilon)} > 0 \quad ;$$

$$p_R^{CY*} - p_R^{CN*} = \frac{1}{2}b(\frac{1}{-3+x} - \frac{1}{(1-x)(1-\epsilon)}) < 0 \quad . \quad (3) \quad w_P^{IY*} - w_P^{IN*} = -\frac{b\epsilon}{2(1-\epsilon)} < 0 \quad ;$$

$$w_R^{IY*} - w_R^{IN*} = -\frac{b}{2(1-\epsilon)} < 0 \quad .$$

命题 5.8 证明

证 明 ： 通 过 计 算 可 得

$$\pi_P^{CN*} - \pi_P^{IN*} = \frac{9a((5-2\epsilon)^2 + m^2 JG^2 + (2+15\epsilon)x^3\epsilon + 2mM_4 - 2x^4\epsilon^2 - x(21-44\epsilon-16\epsilon^2) - x^2(-4+18\epsilon+33\epsilon^2)) - K^2 J(5-2\epsilon)^2}{36aK^2 JG^2} \quad ,$$

$$\pi_P^{CY*} - \pi_P^{IY*} = \frac{(-9+14b-ab^2-18m+18x+M_5)}{36} \quad , \quad \pi_R^{CN*} - \pi_R^{IN*} = \frac{9aJ(1+m+(-4-m+x)\epsilon)^2 - K^2(1-4\epsilon)^2}{36aK^2 G^2} \quad \text{和}$$

$$\pi_R^{CY*} - \pi_R^{IY*} = \frac{9aJ(1-b+m+(-4+b-m+x)\epsilon)^2 - (1-abG-4\epsilon)^2 K^2}{36aK^2 G^2} \quad , \quad \text{其 中}$$

$$M_4 = \frac{-5+7\epsilon-2\epsilon^2+x^2(-12+17\epsilon-5\epsilon^2)+x^3(2-3\epsilon+\epsilon^2)+x(19-25\epsilon+6\epsilon^2)}{1} \quad \text{和}$$

$$M_5 = \frac{9(1-b+m)^2+36(1-b+m)K}{K^2} + \frac{9+9x(5-2x)}{JG^2} - \frac{(5-2\epsilon)^2}{aG^2} + \frac{6(6+2b(-4+x)x-6K(2-x)x-3m(1+(-4+x)x))}{KJG} \quad .$$

得出的分析结果很复杂。因此，设置参数($a=0.9$, $b=0.1$, $\epsilon=0.2$, $m=0.05$, $x=0.25$)通过数值实验证明命题 5.6 成立如图 5-6。

推论 5.1 证明

证明：根据图 5-6，发现 $x_4 < x_5 < x_6 < x_7$ ，这证明了推论 5.1。

命题 5.9 证明

通过计算可得 $\pi_P^{IY*} - \pi_P^{IN*} = \frac{b(4+ab+\frac{6}{G})}{36} - f$ 和 $\pi_P^{CY*} - \pi_P^{CN*} = \frac{b(4+b-2m-8x+2x^2+\frac{2K(1+(-4+x)x)}{JG})}{4K^2} - f$ 。

令他们的结果为 0，以获得 $f_1 = \frac{1}{36}b(4+ab+\frac{6}{G})$ 和 $f_2 = \frac{b(4+b-2m-8x+2x^2+\frac{2K(1+(-4+x)x)}{JG})}{4K^2}$ 。因此，

当 $0 < f \leq f_1(f_2)$ 时，可证 $\pi_P^{IY*} \geq \pi_P^{IN*}$ 和 $\pi_P^{CY*} \geq \pi_P^{CN*}$ 。另外， $\pi_R^{IY*} - \pi_R^{IN*} = \frac{b(abG+8\epsilon-2)}{36G}$ 和

$\pi_S^{IY*} - \pi_S^{IN*} = \frac{b(abG-4\epsilon-2)}{12G}$ 。因 $0 < \epsilon \leq \epsilon_1$ 和 $0 < \epsilon \leq \epsilon_2$ ，可得 $\pi_R^{IY*} < \pi_R^{IN*}$ 和 $\pi_S^{IY*} < \pi_S^{IN*}$ 。

$\pi_R^{CY*} - \pi_R^{CN*} = \frac{bJ(bG-2(1+m+(-4-m+x)\epsilon))}{4K^2G}$ 和 $\pi_S^{CY*} - \pi_S^{CN*} = \frac{b(-2K+G(-2+b+2K-2m))}{4GK}$ 。因 $0 < \epsilon \leq \epsilon_3$ 和 $0 < \epsilon \leq \epsilon_4$ ，

可得 $\pi_R^{CY*} \leq \pi_R^{CN*}$ 和 $\pi_S^{CY*} \leq \pi_S^{CN*}$ 。证毕。

攻读硕士学位期间发表或录用的学术论文与参与的科研项目经历

发表或录用的学术论文

[1]高心雨,桂云苗.网络外部性下考虑区块链技术采纳的平台供应链决策[J].华北水利水电大学学报(社会科学版),2023,39(06):40-49.

[2] Gui Y M, Gao X Y, Dong F, Free-riding behavior: investment and cooperation strategies for platform supply chain blockchain technology considering network externality[J]. Industrial Management & Data System (Under Review).

[3] Gui Y M, Gao X Y, Dong F, Game analysis of platform supply chain compatibility strategies under blockchain technology[J]. Information and Management (Under Review).

参与科研项目

[1]安徽省哲学社会科学规划项目《区块链技术赋能下物流平台服务投资机制研究》（项目编号：AHSKY2022D112，参与）

[2]安徽省高等学校自然科学研究项目《基于“双重”网络视角的安徽新能源汽车产业关键共性技术创新影响路径研究》（项目编号：2023AH050936，参与）

[3]安徽省高校研究生科学研究项目《用户不完全信息下物流平台增值服务投资策略研究》（项目编号：YJS20210455，参与）

[4]校级项目《信息不对称下考虑用户公平关切行为的网络货运平台定价策略研究》（参与）

致谢

行文至此，三年的求学生涯即将画上句点。此刻伏案回望，那些在研究室、图书馆中流转的日夜，早已被无数人的善意与智慧浸润成生命中的年轮。谨以朴素的文字，记录下这段旅程中值得珍藏的馈赠。

首先，谨向导师桂云苗致以最崇高的敬意与感激。师恩如炬，照亮学术征途。桂云苗教授以其深厚的学术造诣与严谨的治学态度，为我树立了科研工作者的典范。从选题论证到模型构建，从模型处理到论文润色，导师总能在纷繁复杂的逻辑中精准定位问题核心。还要感谢董老师，在英文方面给予我莫大的帮助。英文文章的撰写曾让我焦头烂额，是您逐字逐句地审阅，耐心地纠正我的语法错误，优化语句表达，让文章表述更加地道、流畅。

在紧张的学术生活之余，球队成为了我心灵的栖息地。在这里，我要向球队教练致以深深的敬意。您不仅传授给我们精湛的球技，更以坚韧不拔的体育精神激励着我们。在训练场上，您的严格要求让我们不断突破自我；在比赛中，您的临场指挥和鼓励，让我们勇往直前，无所畏惧。而我的队友们，你们是我在球场上最坚实的依靠。那些一起挥洒汗水的日子，那些为了胜利共同拼搏的瞬间，都是我生命中最珍贵的回忆。在我为论文苦恼时，是你们的陪伴与鼓励，让我放松心情，重新找回状态。

深切感谢我的父母。亲情似水，滋养求索之心。二老以农民特有的质朴智慧，教会我用“种地的耐性对待学问”。这些沉甸甸的牵挂，是支撑我穿越学术迷雾的永恒动力。另外，安徽工程大学经管学院沃土育才，感恩学术殿堂提供的实验平台与学术资源，为研究提供了坚实基础。对本研究的资助，评审专家富有建设性的意见，使得研究成果更具实践价值。

最后，谨以此文献给所有为我研究生提供欢乐与帮助的人。感谢所有在我硕士生涯中出现的你们，因为有了你们，这段旅程才如此精彩，我的人生才如此充实。未来，我将带着这份感恩，继续努力前行。晨光熹微中合上终稿，恍然惊觉学术之路恰似递归函数——每个终点都是新问题的起点。