

分类号: F272

密 级: 公开

学校代码: 10363

学 号: 2220720123



安徽工程大学

Anhui Polytechnic University

硕士学位论文

题目 用户偏好下物流平台区块链增值服
务投资与定价研究

论 文 作 者 王海星

指 导 教 师 桂云苗 教授

学 科 (专 业) 管理科学与工程

研 究 方 向 物流与供应链管理

论文提交日期: 2025 年 5 月 14 日

分类号: F272
密 级: 公开

单位代码: 10363
学 号: 2220720123

题 目 用户偏好下物流平台区块链增值服务投资与
定价研究

英文并列

题 目 **Research on Investment and Pricing of
Blockchain Value-added Services in Logistics
Platforms under User Preferences**

学生姓名: 王海星

指导教师: 桂云苗 教授

专 业: 管理科学与工程

研究方向: 物流与供应链管理

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：王海星

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：

王海星

日期：2025 年 5 月 14 日

指导教师签名：

陈峰

日期：2025 年 5 月 14 日

用户偏好下物流平台区块链增值服务投资与定价研究

摘 要

区块链技术的快速发展为物流行业带来了广阔的应用前景,尤其在提升效率、确保透明性和优化供应链管理方面展现出巨大潜力。作为物流平台增值服务的技术基础,区块链能够显著提升平台的服务能力和竞争力。因此本文基于现实背景,在考虑用户偏好的基础上,对物流平台的区块链增值服务投资与定价策略进行研究,帮助物流平台吸引用户和扩大市场竞争优势。本文的研究内容主要是以不同市场情形下的物流平台作为研究对象,针对用户偏好为切入点,分别研究了垄断市场、竞争市场的物流平台的区块链增值服务投资与定价决策问题。从不同定价方式与是否投资区块链增值服务等多重角度,来分析用户偏好对物流平台定价决策和区块链增值服务投资的影响机理,旨在为物流平台的运营决策提供一定的参考建议。具体研究内容如下:

本文通过对用户偏好、区块链增值服务投资应用与平台定价策略等相关文献研究的基础之上,主要从以下三个方面展开研究:

(1) 用户偏好下垄断型物流平台供应链区块链增值服务投资与定价研究

通过以一个供应商和物流平台组成的平台供应链为研究对象,在考虑货主具有信息溯源偏好的基础上,探讨批发与代理两种平台模式下区块链增值服务投资与定价问题。研究表明:在平台区块链投资成

本分担比例、服务佣金率与区块链增值服务的边际投资成本系数都处于一定阈值范围时，无论批发还是代理模式，当货主偏好程度小于一定阈值时，双方共同投资区块链增值服务情形下占优。当货主偏好程度大于一定阈值时，供应商投资区块链增值服务情形下占优。批发和代理模式下，当平台区块链投资成本分担比例、服务佣金率与货主偏好程度都处于一定阈值范围时，最优销售价格和区块链增值服务最优投资量均随着货主偏好程度的增大而增大。

（2）用户偏好下静态竞争型物流平台区块链增值服务投资与定价研究

考虑到物流平台双边用户对区块链增值服务质量 and 价格具有不同偏好，将其车主与货主划分为区块链增值服务质量偏好和价格偏好两种类型，分别探讨车主与货主存在不同类型偏好情形下物流平台区块链增值服务投资与定价策略。研究表明，在货主和车主非对称偏好情形时，物流平台对货主价格偏好，车主质量偏好情形下的定价和利润更高，在货主质量偏好，车主价格偏好情形下的区块链增值服务投资量更高。当货主和车主都是对称偏好情形时，物流平台对双边用户都是质量偏好情形下的定价和区块链增值服务投资量会更高，在双边用户都是价格偏好情形下的利润更高。

（3）用户偏好下动态竞争型物流平台区块链增值服务投资与定价研究

考虑车主对区块链增值服务存在不同程度偏好的基础上，建立物流平台区块链增值服务投资决策的 Hotelling 模型，并比较分析物流

平台的静态定价与动态定价优劣。研究表明,物流平台区块链增值服务的最优投资量、平台最优定价和最优利润均受到不同程度车主偏好的影响。第一阶段最优定价在投资区块链增值服务的物流平台采用静态定价时更高,第二阶段最优定价和区块链增值服务最优投资量在投资区块链增值服务的物流平台采用动态定价时更高。当车主偏好程度小于一定阈值时,投资区块链增值服务的物流平台采用动态定价占优,当车主偏好程度大于一定阈值时,投资区块链增值服务的物流平台采用静态定价占优。

关键词: 物流平台, 双边市场, 用户偏好, 区块链增值服务, 投资与定价决策

RESEARCH ON INVESTMENT AND PRICING OF LOGISTICS PLATFORM BLOCKCHAIN VALUE-ADDED SERVICES UNDER USER PREFERENCE

ABSTRACT

Therapeutic development of blockchain technology has brought broad application prospects to the logistics industry, especially in enhancing efficiency, ensuring transparency, and optimizing supply chain management. As the technical foundation for value-added services of logistics platforms, blockchain can significantly enhance the service capabilities and competitiveness of the platforms. Therefore, this paper researches the investment and pricing strategy of the blockchain value-added service based on user preferences, in order to help the logistics platform attract bilateral users and obtain the competitive advantage. The main research content of this paper is to take logistics platforms in different market situations as the research objects, and focus on user preferences as the entry point, respectively studying the investment and pricing decisions of blockchain value-added services for logistics platforms in monopolistic markets and competitive markets. From multiple perspectives such as

different pricing methods and whether to invest in blockchain value-added services, this paper analyzes the mechanism of the influence of user preferences on the pricing decisions of logistics platforms and the investment in blockchain value-added services, aiming to provide certain reference suggestions for the operational decisions of logistics platforms. The specific research contents are as follows:

Based on the inductive analysis of relevant literature on user preferences, blockchain value-added services, and platform pricing strategies, this paper mainly conducts research on the following three aspects:

(1) Based on a platform supply chain consisting of a supplier and a logistics platform, and considering that the cargo owner has the preference for information traceability, this paper explores the investment and pricing issues of blockchain value-added services under the two platform models of wholesale and agency. The research shows that when the proportion of platform blockchain investment cost sharing, the service commission rate, and the marginal investment cost coefficient of blockchain value-added services are all within a certain threshold range, regardless of the wholesale or agency mode, when the cargo owner's preference degree is less than a certain threshold, the situation where both parties jointly invest in blockchain value-added services is dominant. When the cargo owner's preference degree is greater than a certain threshold, the situation where

the supplier invests in blockchain value-added services is dominant. Under the wholesale and agency modes, when the proportion of platform blockchain investment cost sharing, the service commission rate, and the cargo owner's preference degree are all within a certain threshold range, the optimal sales price and the optimal investment quantity of blockchain value-added services both increase with the increase of the cargo owner's preference degree.

(2) Research on the investment and pricing of blockchain value-added services for static competitive logistics platforms under user preferences

Considering that the bilateral users of logistics platforms have different and significant preferences for the quality and price of blockchain value-added services, they are classified into two types: blockchain value-added service quality preference and price preference. This study explores the investment and pricing strategies of blockchain value-added services on logistics platforms under the circumstances where the owners and the shippers have different types of preferences. The research shows that when the preferences of the shippers and the owners are asymmetric, the pricing and profit of the logistics platform are higher under the condition of the shippers' price preference and the owners' quality preference. Under the condition of the shippers' quality preference and the owners' price preference, the investment volume of blockchain value-added services is

higher. When the preferences of the shippers and the owners are both symmetric, the pricing and investment volume of blockchain value-added services on both sides of the platform are higher under the condition of the quality preference of both sides of the users. The profit is higher when both sides of the users have the price preference.

(3) Research on the investment and pricing of blockchain value-added services for dynamic competitive logistics platforms under user preferences

Based on the Hotelling model of logistics platform blockchain value-added service investment decision, this paper compares and analyzes the advantages and disadvantages of static and dynamic pricing of logistics platforms. Research indicates that the optimal investment volume of blockchain value-added services for logistics platforms, the optimal platform pricing, and the optimal profit are all influenced to varying degrees by the preferences of vehicle owners. The optimal pricing in the first stage is higher when the logistics platform investing in blockchain value-added services adopts static pricing, and the optimal pricing and the optimal investment volume of blockchain value-added services in the second stage are higher when the logistics platform investing in blockchain value-added services adopts dynamic pricing. When the degree of vehicle owners' preferences is less than a certain threshold, dynamic pricing is superior for the logistics platform investing in blockchain value-added

services; when the degree of vehicle owners' preferences is greater than a certain threshold, static pricing is superior for the logistics platform investing in blockchain value-added services.

Author: Wang Haixing (school of economics and management)

Supervised by: Professor Gui Yunmiao

KEY WORDS: logistics platform, two-sided market, user preference, blockchain value-added service, investment and pricing decision-making

目 录

摘 要	I
ABSTRACT	IV
目 录	IX
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	3
1.2 研究内容和创新点	4
1.2.1 研究内容	4
1.2.2 创新点	6
1.3 研究方法和技术路线	7
1.3.1 研究方法	7
1.3.2 技术路线	8
第 2 章 相关文献研究综述	10
2.1 国内外研究现状	10
2.1.1 用户偏好相关研究	10
2.1.2 区块链增值服务投资相关研究	11
2.1.3 平台定价相关研究	12
2.1.4 双边市场相关研究	12
2.2 研究评述	13
第 3 章 用户偏好下垄断型物流平台区块链增值服务投资与定价研究	14
3.1 问题提出	14
3.2 模型描述与假设	14
3.2.1 模型描述	14
3.2.2 基本假设	15
3.3 模型建立与分析	16
3.3.1 供应商投资区块链增值服务	17
3.3.2 物流平台投资区块链增值服务	19
3.3.3 物流平台和供应商投资区块链增值服务	20
3.4 比较分析	22
3.4.1 利润比较	22
3.4.2 区块链投资量比较	25
3.5 数值分析	26
3.6 本章小结	29
第 4 章 用户偏好下静态竞争型物流平台区块链增值服务投资与定价研究	31
4.1 问题提出	31
4.2 模型描述与建立	32
4.3 模型计算与结果分析	34

4.3.1 双边用户质量偏好.....	34
4.3.2 双边用户价格偏好.....	36
4.3.3 货主质量偏好，车主价格偏好.....	37
4.3.4 货主价格偏好，车主质量偏好.....	39
4.4 比较与分析.....	40
4.4.1 区块链投资量比较.....	40
4.4.2 价格比较.....	41
4.4.3 利润比较.....	42
4.5 数值分析.....	42
4.6 本章小结.....	44
第 5 章 用户偏好下动态竞争型物流平台区块链增值服务投资与定价研究	46
5.1 问题提出.....	46
5.2 模型描述与建立.....	47
5.3 模型计算与分析.....	50
5.3.1 双平台静态定价.....	50
5.3.2 单平台静态定价或单平台动态定价.....	53
5.3.3 双平台动态定价.....	57
5.4 比较分析.....	60
5.4.1 价格比较.....	60
5.4.2 利润比较.....	63
5.4.3 区块链投资量比较.....	65
5.5 本章小结.....	66
第 6 章 全文总结与展望	68
6.1 结论总结.....	68
6.2 研究展望.....	69
参考文献	70
附录	76
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	79
致谢	80

第 1 章 绪论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

中央 2023 年经济工作会议明确指出，要大力发展平台经济，充分发挥其在推动经济高质量发展中的中流砥柱作用。作为平台经济的重要组成部分，物流平台已成为现代经济体系中不可或缺的部分，尤其在近年来发展迅速。根据交通运输部的统计数据，至 2024 年底，国内物流平台已超过 3200 家，线上运费交易额已达 4700 亿元，预计到 2025 年，这一数字将突破 6800 亿元。这一增长趋势表明，物流平台不仅在我国经济中占据着重要地位，而且展现出巨大的市场潜力。

然而，随着物流平台的迅速发展，许多问题也随之暴露，尤其是在信息真实性、交易信用、货款结算等方面，物流平台运营面临着严峻的挑战。虚假信息、虚假交易、信用缺失、货款拖欠等问题，不仅影响了平台的运营效率，还严重损害了用户的信任 and 平台的声誉。为了解决这些问题，越来越多的物流平台开始投资区块链增值服务，借助区块链的技术优势提升平台的信用体系，从而提高服务水平，增强市场竞争力^[1]。

区块链技术作为一种去中心化的分布式账本技术，因其独特的不可篡改性、透明性和可追溯性，在解决物流平台的数字征信、信息溯源等问题上具有明显优势^[2]。例如，路歌平台结合大数据与区块链技术，打造了一个全链可信的增值服务系统，通过全程可追溯的物流信息，提高了车主和货主对平台的信任度；顺丰利用区块链技术推出“先寄后付”增值服务，确保散客的支付透明性和交易安全性；京东物流则通过区块链技术，创新性地建立了物流签单往返的供应链可信服务平台。这些区块链增值服务不仅有效解决了平台长期面临的信用管理和信息溯源难题，还大幅提升了平台的服务能力，增强了平台的市场竞争力。

然而，尽管区块链增值服务在提升物流平台服务质量和信用体系方面具有明显优势，但它也引发了新的问题和挑战。在实际应用中，用户在选择加入物流平台时，往往需要支付一定的区块链增值服务费用，这可能使部分潜在用户却步或

产生顾虑；同时，信息安全问题的日益关注也使得用户对个人信息保护愈加偏好，担心自身隐私泄露^[3]。这些担忧可能导致用户对区块链增值服务产生不同程度的偏好。例如，一些车主和货主可能更看重区块链增值服务的质量，尤其是对服务的透明度和可信度要求较高；而另一些用户可能更关注服务的价格，担心支付过高的区块链增值服务价格；另外，也有用户特别注重信息溯源功能，希望通过区块链增值服务确保货物运输过程的全程透明^[4]。这些不同的偏好会直接影响平台的用户参与度，从而对平台的运营模式、盈利能力以及市场定位产生深远的影响。

因此，研究用户偏好，深入分析不同用户群体对区块链增值服务的需求，已成为物流平台可持续发展的关键。物流平台的盈利模式主要依赖于双边用户支付的固定费用和交易费用，而用户的需求和偏好直接决定了平台的用户规模和市场竞争力。显著性偏好理论表明，用户在面对具有多种属性的商品或服务时，会根据不同场景和需求权衡各个属性的重要性^[5]。因此，物流平台在投资区块链增值服务时，必须充分考虑用户对服务质量、价格以及信息溯源等方面的不同偏好。这些因素不仅会影响平台的用户数量，还会影响平台在区块链增值服务方面的投资决策和定价策略。

对于物流平台来说，在制定区块链增值服务的投资和定价策略时，需要充分平衡成本与效益，既要提升服务质量，也要确保投资回报。同时，平台还需要考虑竞争对手的策略和市场变化，因为在竞争激烈的市场环境中，平台的定价和投资策略不仅要满足用户需求，还需要与竞争对手的策略相适应，确保平台能够在市场中占据有利位置^[6]。例如，若竞争对手也推出了类似的区块链增值服务，平台可能需要通过优化服务质量、提供价格优惠等来吸引用户，从而增强自身的市场竞争力。

因此，物流平台的运营不仅仅是提升服务质量和用户信任，更多的是在复杂的市场环境中，如何根据用户需求、市场竞争和平台战略进行合理的决策。通过深入了解用户偏好，物流平台可以更好地调整其投资策略和定价方案，以获得长期的市场竞争优势。

综上所述，为了促进物流平台的可持续发展，平台必须在区块链增值服务的应用中，深入分析用户的多维偏好，并根据这些偏好优化其增值服务的投资与定价策略。只有通过科学的运营决策，物流平台才能在快速发展的行业中稳步前行，提升自身的竞争力，最终实现长期的市场领先地位。

1.1.2 研究意义

物流平台数量的激增以及运营乱象的频发，区块链增值服务的引进，已成为物流平台提高自身服务水平的重要手段，本文聚焦显著性偏好和双边市场等相关理论，主要以用户偏好对物流平台的区块链增值服务投资与定价的影响研究为切入点，重点探讨了用户偏好对物流平台的投资与定价策略的影响机制。此外，我们综合考虑了垄断、静态竞争和动态竞争三种市场下的物流平台区块链增值服务投资与定价决策模型并求解，进而得出在用户偏好下的物流平台最优投资与定价决策。接着，从用户与平台的角度，借助比较研究法对以上的最优决策进行分析。鉴于此，主要表现在以下两个方面：

（1）理论意义

目前，关于双边市场的研究大多假设决策者完全理性，忽视了用户的非理性行为，尤其是用户偏好的影响。虽然用户偏好作为非理性行为在供应链领域已有一定研究，但在双边市场中的探讨仍较少。双边市场平台需同时满足双边用户的需求，而这两类用户的决策不仅受到理性因素的影响，还受情感和认知偏差等非理性因素的驱动。因此，用户偏好的差异性可能影响平台的定价策略和服务设计。

本文将用户偏好纳入双边市场的定价策略框架，探讨其对平台定价机制的影响。我们分析了不同用户偏好下，平台如何调整定价和区块链增值服务的投资决策，以平衡用户需求并优化平台收益。区块链增值服务的应用，虽能增强平台的信用体系，但用户对区块链增值服务的质量、价格等存在偏好，可能影响平台的投资与定价策略。通过引入用户偏好的研究，本文丰富了双边市场的理论成果，为平台在面对复杂用户需求时提供新的思路，提供了理论支持，帮助平台在激烈的市场竞争中做出精准决策。

总体而言，本研究填补了双边市场中用户偏好研究的空白，为平台运营提供了实践指导。通过分析用户偏好对平台定价和区块链增值服务投资的影响，本文为平台区块链增值服务投资与定价决策提供了理论依据，助力平台提升竞争力和实现可持续发展。

（2）实践意义

在经济全球化和互联网信息发展的双重推动下，物流平台的竞争环境日益复杂严峻。如何在白热化竞争中实现用户规模的持续扩张并保持核心竞争优势，已

成为物流行业必须攻克的关键命题。而用户偏好的研究对平台的发展至关重要。因此，对用户偏好的研究是必不可少的，平台通过掌握双边用户的偏好行为，进而采取一系列的应对措施可以增加用户数量，扩大市场份额。本文研究聚焦于用户偏好下的物流平台投资与定价决策机制这一核心问题，并结合区块链增值服务这一因素，研究物流平台的最优投资与定价策略。通过对最优策略性质的探讨，得出用户偏好为对平台定价和区块链增值服务投资的影响机理，为平台的运营决策提供相应的理论依据和管理启示，这对现实中的物流平台识别用户偏好行为并采取相应投资与定价决策具有重要的现实意义。

其次，在平台的运营实践中，平台作为信息交易的中介，他们掌握着更多的资金流和信息流。并且，用户作为双边市场的主要参与者，对产品质量或价格等存在不同程度的偏好。因此，在我们的研究当中，我们综合考虑了在垄断与竞争市场情形下，用户偏好对区块链增值服务投资与定价策略的影响。

1.2 研究内容和创新点

1.2.1 研究内容

区块链技术的快速发展使得“区块链+互联网”在物流行业具有广阔的应用前景。其中借助区块链技术搭建的物流平台是提升自身服务水平的主要手段之一，基于此，区块链技术已成为物流行业的核心竞争手段。本文根据行业现实背景，研究用户偏好下物流平台的区块链增值服务投资与定价策略，以期帮助物流平台吸引用户和获取市场竞争优势。

本课题的研究内容主要是以不同市场情形下的物流平台作为研究对象，针对用户偏好为切入点，分别研究了垄断市场、竞争市场的物流平台的定价决策和区块链增值服务投资问题。从不同定价方式与是否投资区块链增值服务等多重角度，来分析用户偏好对物流平台定价决策和区块链增值服务投资的影响机理，旨在为物流平台的运营决策提供一定的参考建议。具体研究内容如下：

第一章：绪论。主要阐述本文的研究背景、理论现实意义、研究思路及内容、以及本文的研究框架，发现物流平台问题所在与研究价值。找出可以深入研究的地方。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：国内外研究现状。介绍本文研究内容的相关文献，并对国内外现有

的研究成果进行综述。文献综述的内容包括双边市场、用户偏好、平台定价策略以及区块链增值服务投资应用等。

第三章：用户偏好下垄断型物流平台区块链增值服务投资与定价研究。本章以一个供应商和物流平台组成的平台供应链为研究对象，在考虑货主存在信息溯源偏好的基础上，将区块链增值服务的投资划分为供应商投资、物流平台投资以及双方共同投资三种情形，探讨平台供应链的销售模式选择以及区块链增值服务投资与定价策略。

第四章：用户偏好下静态竞争型物流平台区块链增值服务投资与定价研究。本章以两个竞争的物流平台为研究对象，两个平台都投资了区块链增值服务。当用户加入物流平台需要支付区块链增值服务费用和考虑到服务质量问题，因而用户加入物流平台时需要权衡区块链增值服务质量或价格，导致双边用户对区块链增值服务会有不同类型偏好。本课题在考虑用户偏好对双边市场影响的基础之上，构建基于 Hotelling 模型静态竞争型的物流平台定价模型，分析用户偏好对平台最优定价策略和区块链投资量的影响。

第五章：用户偏好下动态竞争型物流平台区块链增值服务投资与定价研究。本课题以两个竞争的物流平台为研究对象，其中一个平台投资区块链增值服务，另一个平台没有投资区块链增值服务，投资区块链增值服务的物流平台对车主进行收费，货主免费使用区块链增值服务。在考虑车主对区块链增值服务存在不同偏好程度基础上，从双边市场角度分别比较物流平台的静态定价与动态定价策略优劣，探究物流平台区块链增值服务投资与定价策略。

第六章：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。同时，分析总结论文的不足之处和未来拓展的研究方向。

具体的研究框架如图 1-1 所示。

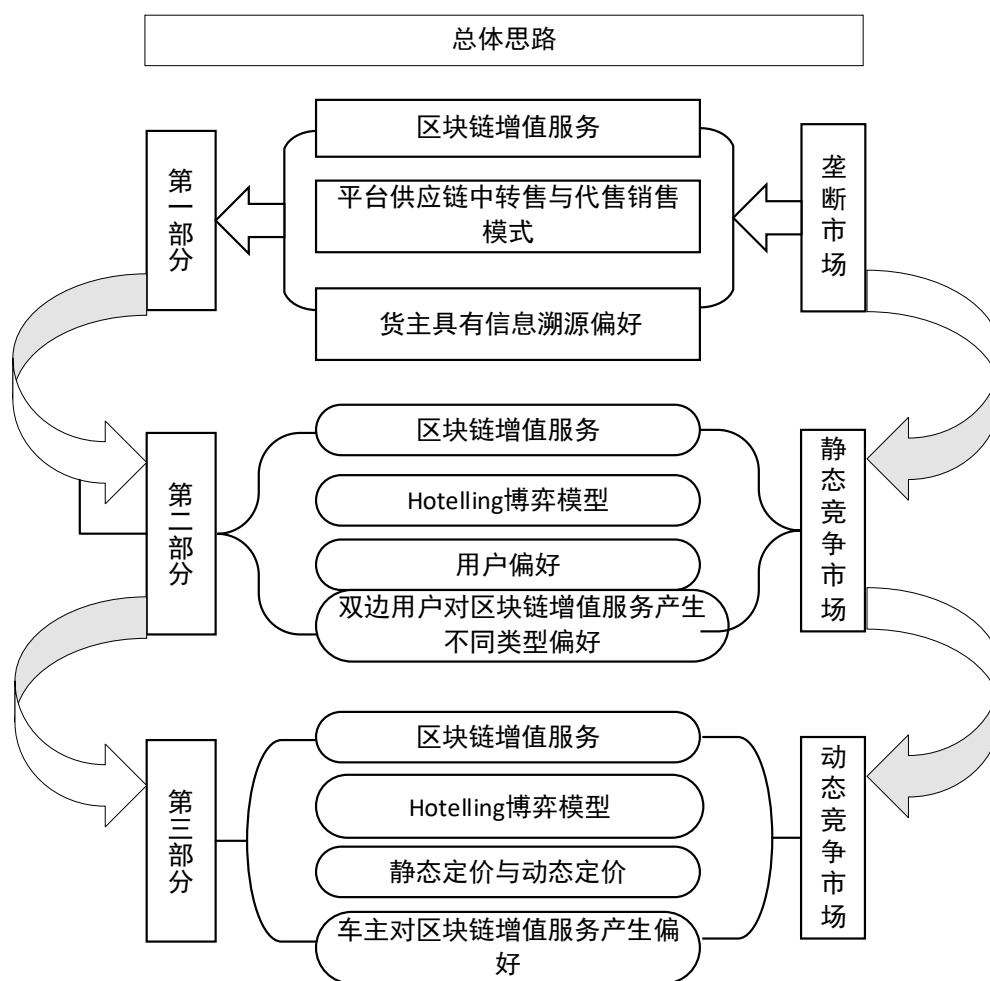


图 1-1 研究框架图

1.2.2 创新点

本文的创新点主要体现在以下四个方面：

(1) 研究视角创新：课题所采取的切入点是从关注用户偏好的角度，来提升物流平台服务和竞争优势的一个比较新的出发点。从垄断和竞争市场情形的角度出发，研究物流平台在不同市场情形下的最优定价决策和区块链增值服务投资等问题，从而为现实中的物流平台关于定价策略的竞争以及区块链增值服务投资提供一定的理论参考依据。

(2) 研究内容创新：在双边市场中引入区块链增值服务，从用户偏好的角度来研究物流平台中的定价决策和区块链增值服务投资的问题。分别从垄断市场、竞争市场情形来讨论物流平台的最优定价等问题。此外，本课题将双边市场的理论与显著性偏好的理论相结合。为双边市场中用户的偏好行为下平台的定价决策和对区块链增值服务的投资提供了理论依据。使得本课题在平台运营方面存在进

一步研究价值。

(3) 研究方法创新：本研究以效用理论为基石，创新性地融入显著性偏好理论，依托 Hotelling 寡头竞争模型的理论框架，针对不同市场结构特征构建多维竞争博弈模型，并通过逆向归纳法实现模型均衡解的精确求解。

(4) 管理实践创新：在实践中，考虑用户偏好的心理行为，可以指导物流平台的管理者，使其充分把握和利用用户的心理，实施适当的定价策略。从改善物流平台运营管理的角度来看，可能有助于平台管理者制定更好的运营策略和实施计划。可以充分利用用户偏好来提高自己的议价能力。最终，平台在双边市场中占据主导地位。因此，我们的研究结果对物流平台的运营策略在理论和实践上都有一定的参考价值。

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，系统地研究物流平台区块链增值服务投资与定价分析，其具体研究方法如下：

(1) 文献综述法

通过大量阅读国内外关于双边市场和显著性偏好理论的研究文献，通过系统的展开文献综述工作，从而全面的解掌握该研究的动态发展趋势和方向，并能将最新的研究成果引入课题研究中。为本文的研究构建坚实的理论基础。

(2) 博弈论

在构建本课题的垄断和竞争市场下的物流平台投资与定价决策模型时，主要参考博弈论中的相关理论及模型。如利用 Hotelling 竞争模型的基本前提假设以及该模型的基本框架，并结合不同影响因素来构建平台定价的垄断和竞争模型，并利用逆向归纳法求解最优结果，讨论用户偏好下的最优投资与定价策略。

(3) 比较分析法

通过比较用户偏好下的最优定价、区块链投资量和利润等，为物流平台的区块链增值服务投资与定价策略提供理论依据。

(4) 数值仿真法

在分析上述垄断和竞争模型的均衡解，以及获得其最优结果的基础之上，通过实际的数据收集以及参考以往的文献，运用 Matlab, Mathematic, 和 visio 等

相关分析、画图软件对模型中的变量进行数值仿真算例分析，模拟验证上述结论的正确性和科学性。然后再考虑做进一步的模型调整和结论分析工作。

1.3.2 技术路线

技术路线是对本文思路的一个梳理，本文聚焦双边市场等相关理论，主要以双边用户对区块链增值服务质量、价格等因素存在不同程度偏好的研究为切入点，重点探讨用户偏好对物流平台的定价策略的影响机制。此外，我们综合考虑了垄断、静态竞争与动态竞争三种市场情形，来探讨物流平台区块链增值服务投资与定价决策。所以本文在用户偏好等相关文献归纳分析的基础之上，将主要的研究内容分为四个板块：

（1）第一阶段以一个供应商和平台组成的供应链为研究对象，在考虑货主存在不同程度信息溯源偏好的基础上，探讨平台供应链的销售模式选择以及区块链增值服务投资与定价策略

（2）第二阶段在静态竞争的市场中考虑到平台双边用户对区块链增值服务质量 and 价格具有不同偏好，将其车主与货主划分为区块链增值服务质量偏好和价格偏好两种类型，分别探讨车主与货主存在不同类型偏好情形下物流平台区块链增值服务投资与定价策略。

（3）第三阶段在动态竞争的市场中讨论在考虑车主对区块链增值服务存在不同程度偏好的基础上，建立物流平台区块链增值服务投资决策的 Hotelling 模型，并比较分析物流平台的静态定价与动态定价优劣。

（4）第四阶段在考虑用户偏好对物流平台的区块链增值服务投资与定价机制的影响基础之上，达到理清因素之间的影响效果及其相互间关系，凝练研究课题的主要结论，形成平台运营分析报告，指导物流平台进一步优化定价策略并采取相应的措施，有效提升物流平台的竞争优势。

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 1-2 所示。

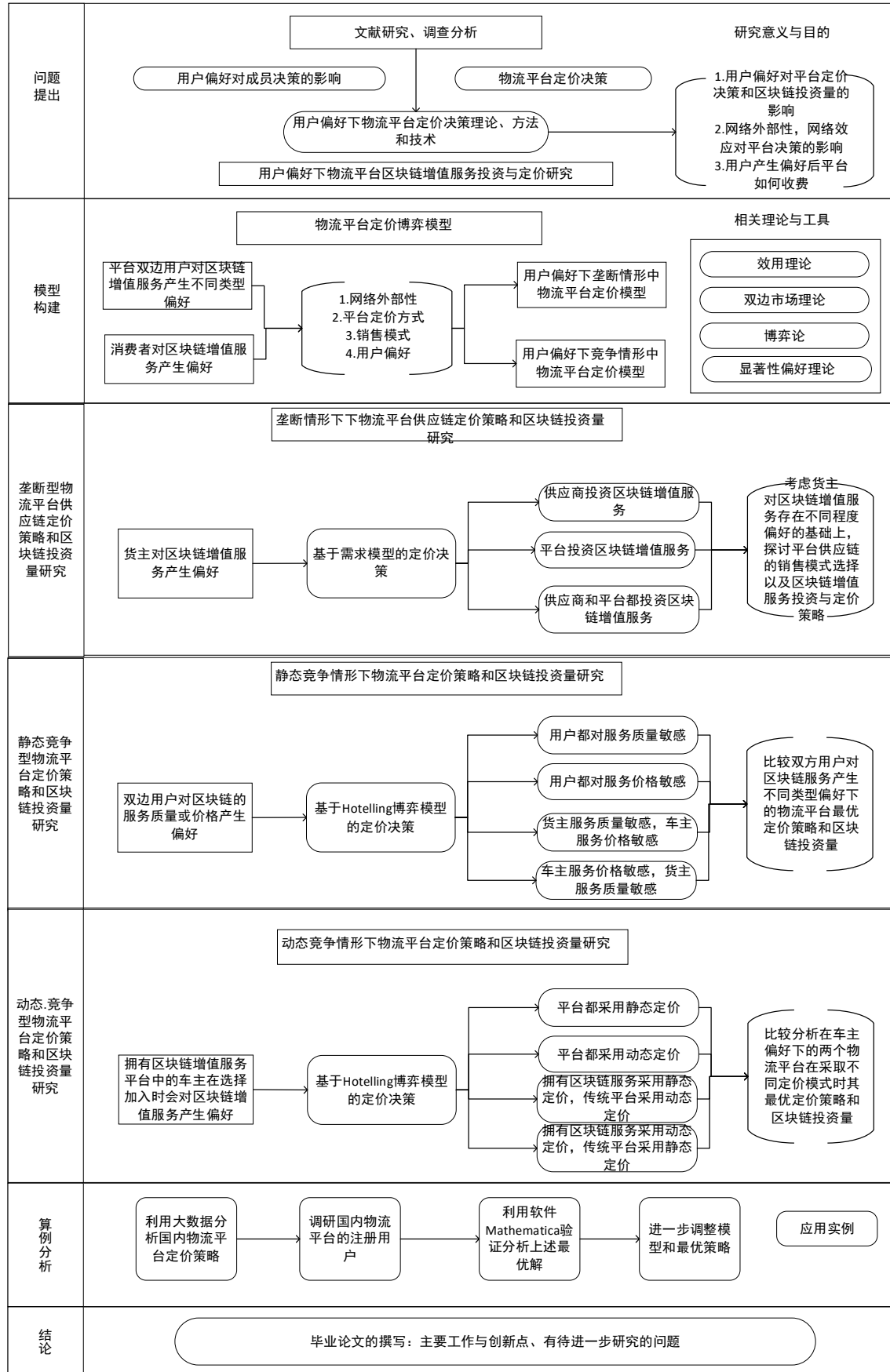


图 1-2 技术路线图

第 2 章 相关文献研究综述

2.1 国内外研究现状

双边市场理论及其衍生问题的研究兴起,溯源可至系列信用卡市场反垄断司法案件所引发的学术争鸣,该领域随即吸引了国内外学者的广泛关注与探索。本课题以物流平台为研究对象,立足于双边市场等理论,主要考虑用户偏好等因素对物流平台区块链增值服务投资与定价策略影响的研究。相关文献综述主要有用户偏好,区块链增值服务投资应用,平台定价策略以及双边市场相关研究。

2.1.1 用户偏好相关研究

关于用户偏好的研究,目前国内外学者对于用户偏好在供应链中的影响研究主要从公平关切、信息偏好等考虑,例如李亚东等^[7]考虑消费者显性公平关切与隐性损失厌恶双重行为偏好的基础上,深入探究供应商在二级供应链系统中的协调机制优化问题。陈燕婷等^[8]在考虑托运人信息偏好基础上,研究聚焦航运物流区块链场景下货代企业与双寡头船公司的供应链博弈,构建竞争与合作情景下的动态决策模型,量化分析均衡策略对运营的作用机制。孙中苗等^[9]研究在区块链技术赋能下,不同消费者类型对供应链最优定价策略的影响机制。李媛等^[10]在低碳环境下,研究了制造商向具有公平偏好的零售商提供不同契约的供应链协调问题。周礼南等^[11]针对消费者个性化需求与“互联网+”技术相结合的规模化定制绿色农产品供应链,利用网络均衡理论构建供应链网络模型,并针对不同社区环境探讨了基于消费者异质性偏好的供应链产销策略。葛泽慧等^[12]在信息不对称下,在考虑消费者低碳偏好基础上对供应链减排策略进行研究。薛燕^[13]在考虑消费者具有信息溯源偏好的基础上,研究了供应链中的区块链成本分担机制。Haitao^[14]研究了当消费者产生公平偏好时对供应链协调的影响。Chen 等^[15]主要分析消费者公平偏好对供应商-零售商合同和供应商渠道协调的影响。Katok 等^[16]主要探讨在信息不对称下,供应链成员具有公平偏好时对供应链中批发价格的影响。孙中苗等^[17]针对忠实消费者与普通消费者识别品牌商品真实性的需要,开展区块链技术下的供应链优化定价方法的研究。国内外学者关于用户偏好在平台方面的研究主要有 Liang 等^[18]研究物流服务平台的双边用户存在空间距离偏好对两个竞争物流平台定价策略的影响。潘小军^[19]考虑到消费者对转换成本和价格

属性存在偏好的情况下,对垄断双边平台的转换成本和定价策略问题进行了研究。邓爱民等^[20]建立结构方程模型揭示网购环境下顾客忠诚度的作用机制。Du 等^[21]将用户偏好分为长期偏好和短期偏好,建立了用户的长期兴趣与偏好模型来对钢铁交易平台的个性化需求进行研究。伍洛熠等^[22]研究了市场上存在消费者对质量偏好或价格偏好下的企业最优价格与质量策略。Lin^[23]主要探讨了在用户分成两类情况下,平台的定价决策问题。Varshney^[24]探讨了用户对捆绑式和非捆绑式绿色产品的偏好,并且权衡了功能和环境效益的影响。

2.1.2 区块链增值服务投资相关研究

目前国内学者研究关于区块链增值服务在供应链中的应用较多,主要有:苏嘉玮^[25],丁振华等^[26]分别研究利用区块链增值服务向货主披露绿色产品信息和解决融资信息不对称问题,来进一步探讨供应链中的渠道销售选择以及经济效益等问题。赵慧达等^[27]综合考虑区块链增值服务去中心化的特征与港航供应链成员的投资选择,从航运市场定价机制维度,系统探究中心化—去中心化模式与投资—非投资选择的组合策略优化问题。随着区块链技术的日趋成熟,其去中心化、可追溯等特性逐渐被应用于供应链碳减排领域,为构建绿色可持续供应链体系提供技术支撑。如张令荣^[28],李剑等^[29]从区块链增值服务可以解决消费者绿色信任与信息不对称等方面来研究低碳供应链政府补贴策略和减排机制。王道平^[30]考虑了制造商减排积极性的随机动态特征,构建了采用和不采用区块链增值服务两种情形下低碳供应链的随机微分博弈模型。学者在供应链金融、竞争领域上应用区块链方面研究也较多,如王道平^[31],楼永^[32]等在分别从资金约束性,动态演化博弈的视角等角度研究区块链对供应链金融的影响。赵毅^[33],苏秦^[34]等分别从考虑顾客体验与质量信息共享来研究区块链对供应链竞争策略的影响。国外学者关于区块链增值服务在供应链中的应用主要有:Pournader^[35]总结出区块链技术在物流运输中的信任与透明度等方面的重要作用。Koh^[36]深入探讨了区块链技术在供应链中商业治理模式与可持续性等方面的作用。Dubey 等^[37]研究了在供应链物资运输中如何快速构建快速信任、协作时区块链技术的作用。Niu 等^[38]构建了采用区块链技术降低海外供应商成本、拓展市场潜力和提高与国内供应商的竞争力的权衡关系,对供应链中各个成员的利益进行对比,寻找“双赢”的机会。Alkhudary 等^[39]主要研究可以通过区块链缓解供应链中的行为不确定性、信息安全差等风险问题。Zhou 等^[40]系统梳理区块链技术在供应链金融场景应用中的现实困境,并据此提出具有针对性的政策建议与优化路径。Balci 等^[41]讨论了区块

链和基于云计算的 DIS 平台在供应链中各种业务功能中的不同用例。Xu 等^[42]考察货主对海外绿色产品的偏好和区块链增值服务的实施对供应链绩效的影响，从而为制造商和平台确定最佳定价决策和策略。Cao^[43]，Wang^[44]等在分别从农业融资风险，财务数据处理和风险评估等角度研究区块链对供应链金融的影响。而目前物流平台关于区块链增值服务投资决策方面研究较少，如桂云苗^[45]等研究得出区块链增值服务提高了产品的信息披露水平，帮助平台获取更多利润。Ni^[46]探讨了区块链增值服务对海运物流平台的发货速率和吞吐量的影响。Wu 等^[47]研究了在纯代理销售、纯转售或混合契约三种情形下，采用区块链增值服务时平台的信息共享策略和销售合同策略。上述文献研究区块链增值服务在供应链领域应用较多。但在考虑用户偏好的基础上，对竞争物流平台的区块链增值服务投资与定价策略的研究基本上没有。

2.1.3 平台定价相关研究

平台经济的迅速发展导致国内外学者对平台定价的相关研究越来越多，目前平台的定价策略主要研究成果集中在倾斜式定价、动态定价等多种定价策略，比如张小静等^[48]，纪汉霖等^[49]分别从价值创造的溢出效应，产品质量，纵向一体化结构等方面研究平台产品策略。Li 等^[50]从平台内的不同内容和广告两个方面来研究了数字内容平台的差异化定价策略。Wang 等^[51]建立了拥有增值服务的平台与传统平台的多期定价模型，分析比较了两种平台定价与利润。Guo 等^[52]研究了两个平台在不同供需水平下区块链采纳的价格竞争策略。王文杰等^[53]以众包物流平台为研究对象，建立竞争环境下众包物流社会配送服务最优定价模型。孙中苗等^[54]考虑出行需求竞争与车辆供给两种不同竞争情境下网约车平台的动态定价模型。Jena^[55]从供应链视角研究价格竞争中拼车平台的交易影响。Zhuang 等^[56]运用绝缘定价法对网络平台竞争战略进行了分析。赵菊^[57]，张轩^[58]，郭欢^[59]，陈斐然^[60]等在双边市场理论框架下，分别从考虑用户不同归属角度，交叉网络外部性，平台需求端和供给端不确定性，多边市场来对平台定价策略展开研究。

2.1.4 双边市场相关研究

“双边市场”概念由 Rochet 和 Tirole^[61]在《Competition between platforms in a two-sided market》一文中首次提出。双边市场是一个或几个允许最终用户交易的平台，使得终端使用者可以进行贸易，并对贸易双方进行合理的收费，从而维持一种或多种形式的贸易关系。目前国内外学者关于双边平台中网络外部性与用户归属的研究较多，Armstrong 等^[62]基于双边市场的特性，率先提出了网络外部性

的概念。Rochet 等^[63]认为双边市场价格结构具有网络外部性的特点,调整不仅会引发平台用户规模的变化,更会通过交叉网络效应重构整个市场的价值分配体系。Duan 等^[64]研究了平台存在正向网络外部性前提下,考虑用户隐私的平台模型。曹裕等^[65]研究聚焦于网络外部性强度与用户出行成本双重约束下的平台聚合策略优化问题。卢珂等^[66]研究了交叉网络外部性对双边市场结构下网约车平台定价机制的影响机理。对于双边平台中用户归属的研究主要有:陈山等^[67]根据双边用户多归属行为探讨多种场景下的共享制造云平台均衡策略。桂云苗等^[68]结合 Hotelling 和 Stackelberg 主从博弈模型,从四类用户归属维度切入,系统探讨信息策略对网络货运平台运营效能的作用机制。Belleflamme 等^[69]在双边用户单归属情形下,分析产品市场底层特征的变化如何影响买卖双方关系。Bakos 等^[70]研究双边用户多归属情形下,如何通过补贴双边用户措施来使平台利润最大化。

2.2 研究评述

由上述现有研究表明,在物流平台与区块链技术深度融合的发展浪潮中,国内外学者围绕物流平台运营机制及双边市场理论展开了深入探索。特别是针对平台定价优化与区块链增值服务投资应用的研究,有效拓展了双边市场理论的学术边界与实践维度。通过对现有国内外文献的梳理发现:

(1) 与区块链增值服务投资相关的研究大多是从供应链运营管理的角度出发,较少有文章将区块链增值服务投资决策与物流平台结合起来,探讨双边平台区块链增值服务投资决策。

(2) 在双边市场研究领域,现有成果已广泛覆盖平台定价机制、竞争策略及运营管理等问题,但聚焦于物流平台区块链增值服务投资视角,特别是针对不同市场环境选择区块链增值服务投资策略的研究仍显不足。另外,目前双边市场文献中关于增值服务投资的讨论,大多是在垄断条件下进行的,少有同时结合寡头竞争来讨论区块链增值服务服务投资策略问题。多数关于双边平台投资管理的相关文献,仅从平台自身角度考虑投资带来的影响,少有文章考虑竞争对手投资策略,探讨竞争对手采取不同投资策略时物流平台的占优决策

(3) 国内外学者对用户偏好研究较多,但将物流平台双边用户对区块链增值服务质量或价格等因素存在不同程度偏好联系起来的相关文献较少。

因此,上述研究成果均可为本课题所要探讨的问题提供扎实的理论基础与现实依据。本课题主要以物流平台作为研究对象,考虑用户偏好下垄断、静态竞争、动态竞争市场下的物流平台区块链增值服务的投资与定价策略。

第3章 用户偏好下垄断型物流平台区块链增值服务投资与定价研究

3.1 问题提出

在经济全球化和信息爆炸时代下,货主对货品信息与安全要求逐日增强。货品信息溯源作为一种建立用户信任链的关键策略,已成为平台供应链运营决策的重要组成部分。区块链技术以其去中心化、不可篡改和透明的特性,为平台供应链溯源提供了创新的解决方案。目前各类平台供应链纷纷投资区块链增值服务,搭建产销全过程信用体系,马士基与 IBM 合作开发基于区块链的 TradeLens 平台,为货主提供集装箱运输全链条溯源服务;联邦快递推出区块链平台 FedEx Surround,联合海关和供应商,为货主提供追踪高价值跨境包裹服务。区块链增值服务已成为平台供应链打造可信链的重要利器,为供应商和货主解决“信任难题”。因此货主信息溯源偏好成为影响平台供应链区块链增值服务投资决策的重要因素。本章以一个供应商与一个物流平台构成的平台供应链为研究对象,研究平台批发与平台代理两种销售模式下平台供应链区块链增值服务投资决策问题,讨论供应商投资、物流平台投资与双方共同投资三种投资区块链增值服务情形下平台供应链决策问题,并分享货主信息溯源偏好对平台供应链决策的影响,为平台供应链高质量发展提供参考。

3.2 模型描述与假设

3.2.1 模型描述

本文考虑由一个供应商(m)和一个物流平台(t)组成的供应链系统,供应商和物流平台之间存在着 Stackelberg 博弈关系,且供应商为领导者,物流平台为追随者,两者都为理性决策者。供应商通过物流平台以代理(d)或批发(z)模式将产品销售给货主,如图 3-1 所示。代理模式是指供应商通过物流平台直销产品,并针对每单位销售的产品向物流平台缴纳服务佣金费。批发模式是指供应商将产品按照批发价出售给物流平台后,由物流平台制定价格销售给货主。根据

供应商与物流平台是否投资区块链增值服务，将其划分为代理、批发模式下供应商投资区块链增值服务（X）；代理、批发模式下物流平台投资区块链增值服务（Y）；代理、批发模式下供应商和物流平台都投资区块链增值服务（G）。

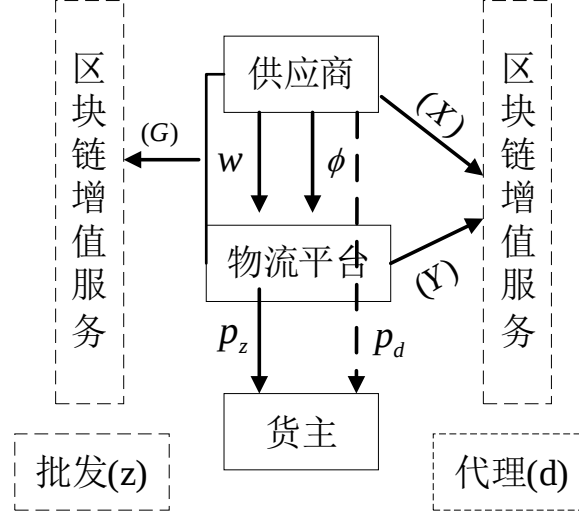


图 3-1 销售模式

3.2.2 基本假设

假设 1：市场潜在需求为 A ，代理模式下，供应商通过物流平台以价格 p_d 销售产品给货主，并依每单位产品的服务佣金费率 ϕ 向物流平台缴纳服务佣金费。批发模式下，供应商先将产品以批发价格 w_z 出售给物流平台，物流平台再以价格 p_z 销售给货主。

假设 2：由于区块链增值服务可以为供应商或物流平台提供信息溯源，物流追踪等增值服务，令区块链增值服务投资量为 v ，能为供应商或物流平台的效用增加 $v\theta_b$ ，其中 θ_b 为单位区块链增值服务效用增加量。同时，投资区块链增值服务需要付出一定的成本，为 $\frac{kv^2}{2}$ ^[19]。

假设 3：考虑到货主具有信息溯源偏好，因此假设 γ （ $0 < \gamma < 1$ ）表示货主信息溯源偏好程度， γ 越大，表示货主对产品质量与安全等信息溯源越重视，反之，则表示货主对其越不重视。

假设 4：当供应商和物流平台都采用区块链增值服务时，本文引入区块链投入成本共担契约^[11]，其中 ξ 为物流平台分担区块链增值服务投资成本的比例， $1 - \xi$ 为供应商分担区块链增值服务投资成本的比例。

假设 5：参照文献^[40]，一般认为供应商和物流平台前期投入的成本为沉没成

本，因此本文假设其固定成本为零。

本文的模型符号说明如表 3-1 所示：

表 3-1 符号说明

参数	定义
i, j	$i = d, z; j = m, t$
q_i	代理或批发模式下产品的市场需求
w_z	产品的单位批发价格
p_i	代理或批发模式下产品的单位销售价格
A	市场潜在需求
θ_b	每单位区块链增值服务能带来效用的增加量
v_i	代理或批发模式下区块链增值服务投资量
π_{ij}	代理或批发模式下供应商或物流平台的利润函数
ξ	物流平台分担区块链投资成本系数
ϕ	代理模式下供应商支付给物流平台的服务佣金率
γ	货主信息溯源的偏好程度
k	区块链增值服务的边际投资成本系数

根据上述假设和已有文献参考^[71-77]，平台供应链中产品需求函数为：

$$q_i = A - p_i + \gamma v_i \theta_b$$

3.3 模型建立与分析

本文在考虑区块链增值服务不同投资情形的基础上，将模型分为供应商投资区块链增值服务（X 情形），物流平台投资区块链增值服务（Y 情形），供应商和物流平台都投资区块链增值服务（G 情形）三种情形，如表 3-2 所示，并分别对三种情形下平台供应链中代理与批发模式的最优结果进行分析计算。

表 3-2 决策矩阵

情形	供应商	物流平台
X	投资	不投资
Y	不投资	投资
G	投资	投资

3.3.1 供应商投资区块链增值服务

(1) 代理模式

代理模式下平台供应链中产品的需求函数为：

$$q_d = A - p_d + \gamma v_d \theta_b \quad (3-1)$$

供应商和物流平台的利润函数分别为：

$$\pi_{dm} = (1 - \phi)p_d q_d - \frac{kv_d^2}{2} \quad (3-2)$$

$$\pi_{dt} = \phi p_d q_d \quad (3-3)$$

命题 3.1 代理模式下，当供应商投资区块链增值服务时，平台供应链中最优结果为：

$$p_d^{X*} = \frac{Ak}{2k - \gamma^2 \theta_b^2 (1 - \phi)}, \quad q_d^{X*} = \frac{Ak}{2k + \gamma^2 (-1 + \phi) \theta_b^2}, \quad \pi_{dm}^{X*} = \frac{A^2 k (1 - \phi)}{4k + 2\gamma^2 (-1 + \phi) \theta_b^2},$$

$$\pi_{dt}^{X*} = \frac{A^2 k^2 \phi}{(2k + \gamma^2 (-1 + \phi) \theta_b^2)^2}, \quad v_d^{X*} = \frac{A(\gamma \theta_b - \gamma \phi \theta_b)}{2k - \gamma^2 \theta_b^2 + \gamma^2 \phi \theta_b^2}.$$

证明：将式（3-1）代入到式（3-2）、式（3-3）中并分别对 v_d 、 p_d 进行二阶导数求导，可得 $\frac{\partial^2 \pi_{dm}}{\partial v_d^2} = -k$ ， $\frac{\partial^2 \pi_{dt}}{\partial p_d^2} = -2$ ，二阶导数为负，因此存在最优解。分别对式（3-2）中的 p_d 和 v_d 进行求导并联立求解可得 p_d^{X*} 和 v_d^{X*} ，再将 p_d^{X*} 和 v_d^{X*} 代入到式（3-1）中可得 q_d^{X*} ，最后将 p_d^{X*} 、 v_d^{X*} 和 q_d^{X*} 分别代入到式（3-2）、式（3-3）中可得 π_{dm}^{X*} 和 π_{dt}^{X*} 。

推论 3.1 在供应商投资区块链增值服务，供应商采用代理模式情形下：

- (1) 当 $\frac{1}{2}\gamma^2 \theta_b^2 < k < 1$ 时， $\frac{\partial p_d^{X*}}{\partial \gamma} > 0$ ，当 $0 < k < \frac{1}{2}\gamma^2 \theta_b^2$ 时， $\frac{\partial p_d^{X*}}{\partial \gamma} < 0$ ；
 $\frac{\partial v_d^{X*}}{\partial \gamma} > 0$ ； $\frac{\partial q_d^{X*}}{\partial \gamma} > 0$ 。
- (2) $\frac{\partial \pi_{dm}^{X*}}{\partial \gamma} > 0$ ； $\frac{\partial \pi_{dt}^{X*}}{\partial \gamma} < 0$ 。

推论 3.1 的结论（1）表明当区块链增值服务的边际投资成本系数大于一定阈值时，物流平台最优销售价格随着货主偏好程度的增大而提高，当区块链增值服务的边际投资成本系数小于一定阈值时，物流平台最优销售价格随着货主偏好程度的增大而降低。区块链增值服务最优投资量和产品最优市场需求都随着货主偏好程度的增大而提高。

结论（2）表明供应商和物流平台的最优利润都随着货主偏好程度的增大而

增加。

(2) 批发模式

批发模式下平台供应链中产品的需求函数为：

$$q_z = A - p_z + \gamma v_z \theta_b \quad (3-4)$$

供应商和物流平台的利润函数分别为：

$$\pi_{zm} = w_z q_z - \frac{kv_z^2}{2} \quad (3-5)$$

$$\pi_{zt} = (p_z - w_z) q_z \quad (3-6)$$

命题 3.2 批发模式下，当供应商投资区块链增值服务时，平台供应链中最优结果为：

$$p_z^{X*} = \frac{3Ak}{4k - \gamma^2 \theta_b^2}, \quad q_z^{X*} = \frac{Ak}{4k - \gamma^2 \theta_b^2}, \quad \pi_{zm}^{X*} = \frac{A^2 k}{8k - 2\gamma^2 \theta_b^2}, \quad \pi_{zt}^{X*} = \frac{A^2 k^2}{(-4k + \gamma^2 \theta_b^2)^2},$$

$$v_z^{X*} = \frac{A\gamma\theta_b}{4k - \gamma^2 \theta_b^2}, \quad w_z^{X*} = \frac{2Ak}{4k - \gamma^2 \theta_b^2}.$$

证明 将式 (3-4) 代入到式 (3-6) 中并对 p_d 进行二阶导数求导，可得

$$\frac{\partial^2 \pi_{dt}}{\partial p_d^2} = -2, \quad \text{二阶导数为负，对式 (3-6) 中 } p_z \text{ 求一阶导并令其等于 0 可得：}$$

$$p_z = \frac{1}{2}(A + w_z + \gamma v_z \theta_b) \quad (3-7)$$

再把式 (3-7) 代入到式 (3-5) 中并分别对 w_z 、 v_z 求导，可得 π_{zm} 关于 w_z 、 v_z 的黑塞矩阵，

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_{zm}}{\partial v_z^2} & \frac{\partial^2 \pi_{zm}}{\partial w_z \partial v_z} \\ \frac{\partial^2 \pi_{zm}}{\partial v_z \partial w_z} & \frac{\partial^2 \pi_{zm}}{\partial w_z^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & \frac{1}{2}\gamma\theta_b \\ \frac{1}{2}\gamma\theta_b & -1 \end{bmatrix}$$

一阶顺序主子式 $-1 < 0$ ，二阶顺序主子式 $1 - \frac{1}{4}\gamma^2 \theta_b^2 > 0$ ，黑塞矩阵负定，存在最优解。随后联立求解可得 w_z^{X*} 和 v_z^{X*} 。再把 w_z^{X*} 和 v_z^{X*} 代入到式 (3-7) 可得 p_z^{X*} ，最后把 w_z^{X*} 、 v_z^{X*} 和 p_z^{X*} 分别代入到式 (3-5)、式 (3-6) 可得 π_{zm}^{X*} 和 π_{zt}^{X*} 。

推论 3.2 在供应商投资区块链增值服务，供应商采用批发模式情形下：

$$(1) \quad \frac{\partial w_z^{X*}}{\partial \gamma} > 0; \quad \frac{\partial p_z^{X*}}{\partial \gamma} > 0; \quad \frac{\partial v_z^{X*}}{\partial \gamma} > 0; \quad \frac{\partial q_z^{X*}}{\partial \gamma} > 0.$$

$$(2) \quad \frac{\partial \pi_{zm}^{X*}}{\partial \gamma} > 0; \quad \text{当 } \frac{1}{4}\gamma^2 \theta_b^2 < k < 1 \text{ 时, } \frac{\partial \pi_{zt}^{X*}}{\partial \gamma} > 0, \quad \text{当 } 0 < k < \frac{1}{4}\gamma^2 \theta_b^2 \text{ 时,}$$

$$\frac{\partial \pi_{zt}^{X*}}{\partial \gamma} < 0.$$

推论 3.2 的结论 (1) 表明供应商最优批发价格、物流平台最优销售价格、区

区块链增值服务最优投资量和产品最优市场需求都随着货主偏好程度的增大而提高。

结论（2）表明当区块链增值服务的边际投资成本系数大于一定阈值时，物流平台最优利润随着货主偏好程度的增大而增加，当区块链增值服务的边际投资成本系数小于一定阈值时，物流平台最优利润随着货主偏好程度的增大而减少。供应商的最优利润随着货主偏好程度的增大而增加。

3.3.2 物流平台投资区块链增值服务

（1）代理模式

代理模式下平台供应链中产品的需求函数为：

$$q_d = A - p_d + \gamma v_d \theta_b \quad (3-8)$$

供应商和物流平台的利润函数分别为：

$$\pi_{dm} = (1 - \phi)p_d q_d \quad (3-9)$$

$$\pi_{dt} = \phi p_d q_d - \frac{k v_d^2}{2} \quad (3-10)$$

命题 3.3 代理模式下，当物流平台投资区块链增值服务时，平台供应链中最优结果为：

$$p_d^{Y*} = \frac{Ak}{2(k - \gamma^2 \phi \theta_b^2)}, \quad q_d^{Y*} = \frac{A}{2}, \quad \pi_{dm}^{Y*} = \frac{A^2 k (1 - \phi)}{4(k - \gamma^2 \phi \theta_b^2)}, \quad \pi_{dt}^{Y*} = \frac{A^2 k \phi (2k - 3\gamma^2 \phi \theta_b^2)}{8(k - \gamma^2 \phi \theta_b^2)^2},$$

$$v_d^{Y*} = \frac{A \gamma \phi \theta_b}{2(k - \gamma^2 \phi \theta_b^2)}.$$

证明同上述 3.3.1。

推论 3.3 在物流平台投资区块链增值服务，供应商采用代理模式情形下：

- （1） $\frac{\partial p_d^{Y*}}{\partial \gamma} < 0$ ； $\frac{\partial v_d^{Y*}}{\partial \gamma} > 0$ 。
- （2） $\frac{\partial \pi_{dm}^{Y*}}{\partial \gamma} > 0$ ；当 $\frac{\sqrt{3}}{3\theta_b} < \gamma < 1$ 时， $\frac{\partial \pi_{dt}^{Y*}}{\partial \gamma} > 0$ ，当 $0 < \gamma < \frac{\sqrt{3}}{3\theta_b}$ 时， $\frac{\partial \pi_{dt}^{Y*}}{\partial \gamma} < 0$ 。

推论 3.3 的结论（1）表明物流平台最优销售价格随着货主偏好程度的增大而降低，而区块链增值服务最优投资量随着货主偏好程度的增大而提高。

结论（2）表明当货主偏好程度较大时，物流平台最优利润随着货主偏好程度的增大而增加，当货主偏好程度较小时，物流平台最优利润随着货主偏好程度的增大而减少。供应商的最优利润随着货主偏好程度的增大而增加。

（2）批发模式

批发模式下平台供应链中产品的需求函数为：

$$q_z = A - p_z + \gamma v_z \theta_b \quad (3-11)$$

供应商和物流平台的利润函数分别为：

$$\pi_{zm} = w_z q_z \quad (3-12)$$

$$\pi_{zt} = (p_z - w_z) q_z - \frac{k v_z^2}{2} \quad (3-13)$$

命题 3.4 批发模式下，当物流平台投资区块链增值服务时，平台供应链中最优结果为：

$$p_z^{Y*} = \frac{A}{2} \left(1 + \frac{k}{2k - \gamma^2 \theta_b^2} \right), \quad q_z^{Y*} = \frac{Ak}{4k - 2\gamma^2 \theta_b^2}, \quad \pi_{zm}^{Y*} = \frac{A^2 k}{4(2k - \gamma^2 \theta_b^2)}, \quad \pi_{zt}^{Y*} = \frac{A^2 k}{16k - 8\gamma^2 \theta_b^2},$$

$$v_z^{Y*} = \frac{A\gamma \theta_b}{4k - 2\gamma^2 \theta_b^2}, \quad w_z^{Y*} = \frac{A}{2}.$$

证明同上述 3.3.1。

推论 3.4 在物流平台投资区块链增值服务，供应商采用批发模式情形下：

$$(1) \frac{\partial p_z^{Y*}}{\partial \gamma} > 0; \quad \frac{\partial v_z^{Y*}}{\partial \gamma} > 0; \quad \frac{\partial q_z^{Y*}}{\partial \gamma} > 0.$$

$$(2) \frac{\partial \pi_{zm}^{Y*}}{\partial \gamma} > 0; \quad \frac{\partial \pi_{zt}^{Y*}}{\partial \gamma} > 0.$$

推论 4 的结论（1）表明物流平台最优销售价格、区块链增值服务最优投资量和产品最优市场需求都随着货主偏好程度的增大而提高。

结论（2）表明物流平台和供应商的最优利润随着货主偏好程度的增大而增加。

3.3.3 物流平台和供应商投资区块链增值服务

（1）代理模式

代理模式下平台供应链中产品的需求函数为：

$$q_d = A - p_d + \gamma v_d \theta_b \quad (3-14)$$

供应商和物流平台的利润函数分别为：

$$\pi_{dm} = (1 - \phi) p_d q_d - \frac{(1 - \xi) k v_d^2}{2} \quad (3-15)$$

$$\pi_{dt} = \phi p_d q_d - \frac{\xi k v_d^2}{2} \quad (3-16)$$

命题 3.5 代理模式下，当物流平台和供应商投资区块链增值服务时，平台供应链中最优结果为：

$$\begin{aligned}
 p_d^{G*} &= \frac{Ak(-1+\xi)}{2k(-1+\xi)-\gamma^2(-1+\phi)\theta_b^2}, & q_d^{G*} &= \frac{Ak(-1+\xi)}{2k(-1+\xi)-\gamma^2(-1+\phi)\theta_b^2}, \\
 \pi_{dm}^{G*} &= \frac{A^2k(-1+\xi)(-1+\phi)}{4k(-1+\xi)-2\gamma^2(-1+\phi)\theta_b^2}, & \pi_{dt}^{G*} &= \frac{A^2k(2k(-1+\xi)^2\phi-\gamma^2\xi(-1+\phi)^2\theta_b^2)}{2(-2k(-1+\xi)+\gamma^2(-1+\phi)\theta_b^2)^2}, \\
 v_d^{G*} &= \frac{A\gamma(1-\phi)\theta_b}{-2k(-1+\xi)+\gamma^2(-1+\phi)\theta_b^2}.
 \end{aligned}$$

证明同上述 3.3.1。

推论 3.5 在供应商和物流平台都投资区块链增值服务，供应商采用代理模式情形下

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & \frac{\partial p_d^{G*}}{\partial \gamma} > 0; \quad \frac{\partial q_d^{G*}}{\partial \gamma} > 0; \quad \text{当 } 0 < \xi < \frac{2k+\gamma^2\theta_b^2}{2k}, \quad 0 < \phi < \frac{2k-2k\xi+\gamma^2\theta_b^2}{\gamma^2\theta_b^2} \text{ 时,} \\
 & \frac{\partial v_d^{G*}}{\partial \gamma} > 0, \quad \text{当 } \frac{2k+\gamma^2\theta_b^2}{2k} < \xi < 1, \quad \frac{2k-2k\xi+\gamma^2\theta_b^2}{\gamma^2\theta_b^2} < \phi < 1 \text{ 时, } \frac{\partial v_d^{G*}}{\partial \gamma} < 0. \\
 (2) \quad & \frac{\partial \pi_{dm}^{G*}}{\partial \gamma} > 0; \quad \frac{\partial \pi_{dt}^{G*}}{\partial \gamma} > 0.
 \end{aligned}$$

推论 3.5 的结论 (1) 表明物流平台最优销售价格和产品最优市场需求都随着货主偏好程度的增大而提高。当平台分担区块链投资成本系数和服务佣金率都小于一定阈值时，区块链增值服务最优投资量随着货主偏好程度的增大而提高，当平台分担区块链投资成本系数和服务佣金率都大于一定阈值时，区块链增值服务最优投资量随着货主偏好程度的增大而降低。

结论 (2) 表明物流平台和供应商的最优利润随着货主偏好程度的增大而增加。

(2) 批发模式

批发模式下平台供应链中产品的需求函数为：

$$q_z = A - p_z + \gamma v_z \theta_b \quad (3-17)$$

供应商和平台的利润函数分别为：

$$\pi_{zm} = w_z q_z - \frac{(1-\xi)k v_z^2}{2} \quad (3-18)$$

$$\pi_{zt} = (p_z - w_z) q_z - \frac{\xi k v_z^2}{2} \quad (3-19)$$

命题 3.6 批发模式下，当物流平台和供应商投资区块链增值服务时，平台供应链中最优结果为：

$$p_z^{G*} = \frac{3Ak(-1+\xi)}{4k(-1+\xi)+\gamma^2\theta_b^2}, \quad q_z^{G*} = \frac{Ak(-1+\xi)}{4k(-1+\xi)+\gamma^2\theta_b^2}, \quad \pi_{zm}^{G*} = \frac{A^2k(-1+\xi)}{8k(-1+\xi)+2\gamma^2\theta_b^2},$$

$$\pi_{zt}^{G*} = \frac{A^2 k(2k(-1+\xi)^2 - \gamma^2 \xi \theta_b^2)}{2(4k(-1+\xi) + \gamma^2 \theta_b^2)^2}, \quad v_z^{G*} = \frac{-A\gamma\theta_b}{-4k+4k\xi+\gamma^2\theta_b^2}, \quad w_z^{G*} = \frac{2Ak(-1+\xi)}{-4k+4k\xi+\gamma^2\theta_b^2}.$$

证明同上述 3.3.1。

推论 3.6 在供应商和物流平台都投资区块链增值服务，供应商采用批发模式情形下：

$$(1) \frac{\partial w_z^{G*}}{\partial \gamma} > 0; \frac{\partial p_z^{G*}}{\partial \gamma} > 0; \frac{\partial v_z^{G*}}{\partial \gamma} > 0; \frac{\partial q_z^{G*}}{\partial \gamma} > 0.$$

$$(2) \frac{\partial \pi_{zm}^{G*}}{\partial \gamma} > 0; \text{当 } \frac{-\gamma^2 \theta_b^2}{-4+4\xi} < k < 1 \text{ 时, } \frac{\partial \pi_{zt}^{G*}}{\partial \gamma} > 0, \text{ 当 } 0 < k < \frac{-\gamma^2 \theta_b^2}{-4+4\xi} \text{ 时, } \frac{\partial \pi_{zt}^{G*}}{\partial \gamma} <$$

0。

推论 3.6 的结论 (1) 表明供应商最优批发价格、物流平台最优销售价格、区块链增值服务最优投资量和产品最优市场需求都随着货主偏好程度的增大而提高。

结论 (2) 表明当区块链增值服务的边际投资成本系数大于一定阈值时，物流平台最优利润随着货主偏好程度的增大而增加，当区块链增值服务的边际投资成本系数小于一定阈值时，物流平台最优利润随着货主偏好程度的增大而减少。供应商的最优利润随着货主偏好程度的增大而增加。

3.4 比较分析

3.4.1 利润比较

在三种区块链增值服务投资情形下，分别对供应商和物流平台在代理与批发模式下的最优利润进行比较分析可得推论 3.7-3.9：

(1) 供应商最优利润比较

推论 3.7: ① 当 $0 < k < \frac{\theta_b^2}{3}$, $0 < \phi \leq \frac{k}{\theta_b^2}$, $\sqrt{\frac{-2k}{(-1+\phi)\theta_b^2}} < \gamma < 1$ 时, $\pi_{dm}^{X*} > \pi_{dm}^{Y*} > \pi_{dm}^{G*}$; 当 $\frac{\theta_b^2}{3} < k < 1$, $\frac{k}{\theta_b^2} < \phi < 1$, $0 < \gamma < \sqrt{\frac{-2k+2k\xi}{(-1+\phi)\theta_b^2}}$ 时, $\pi_{dm}^{X*} < \pi_{dm}^{Y*} < \pi_{dm}^{G*}$ 。

② 当 $0 < k \leq \frac{\theta_b^2}{4}$, $\sqrt{\frac{2k}{\theta_b^2}} < \gamma < 1$ 时, $\pi_{zm}^{X*} > \pi_{zm}^{Y*} > \pi_{zm}^{G*}$; 当 $\frac{\theta_b^2}{4} < k < 1$, $0 < \gamma < \sqrt{\frac{2k-2k\xi}{\theta_b^2}}$ 时, $\pi_{zm}^{X*} < \pi_{zm}^{Y*} < \pi_{zm}^{G*}$ 。

推论 3.7 中①表明代理模式下，当区块链增值服务的边际投资成本系数与服

务佣金率都小于一定阈值, 货主偏好程度大于一定阈值时, 供应商的最优利润在供应商投资区块链增值服务情形下最大, 在双方共同投资区块链增值服务情形下最小。当区块链增值服务的边际投资成本系数与服务佣金率都大于一定阈值, 货主偏好程度小于一定阈值时, 供应商的最优利润在双方共同投资区块链增值服务情形下最大, 在供应商投资区块链增值服务情形下最小。推论 3.7 中②表明批发模式下, 当区块链增值服务的边际投资成本系数小于一定阈值, 货主偏好程度大于一定阈值时, 供应商的最优利润在供应商投资区块链增值服务情形下最大, 在双方共同投资区块链增值服务情形下最小。当区块链增值服务的边际投资成本系数大于一定阈值, 货主偏好程度小于一定阈值时, 供应商的最优利润在双方共同投资区块链增值服务情形下最大, 在供应商投资区块链增值服务情形下最小。

(2) 物流平台最优利润比较

推论 3.8: ① 当 $\frac{1-2\phi+7\phi^2}{6\phi^2} - \sqrt{\frac{1-4\phi+18\phi^2-28\phi^3+13\phi^4}{36\phi^4}} < \xi \leq \frac{1}{2}$, $0 < \phi < \sqrt{6} - 2$, $\sqrt{\frac{2k\phi-4k\xi\phi+2k\xi^2\phi}{\xi(-1+\phi)^2\theta_b^2}} < \gamma < 1$ 时, $\pi_{dt}^{X*} > \pi_{dt}^{Y*} > \pi_{dt}^{G*}$;

当 $0 < \xi < \frac{1-2\phi+7\phi^2}{6\phi^2} - \frac{1}{6}\sqrt{\frac{1-4\phi+18\phi^2-28\phi^3+13\phi^4}{\phi^4}}$, $\sqrt{6} - 2 < \phi < 1$, $0 < \gamma < \sqrt{\frac{2k\phi-4k\xi\phi+2k\xi^2\phi}{\xi(-1+\phi)^2\theta_b^2}}$ 时, $\pi_{dt}^{X*} < \pi_{dt}^{Y*} < \pi_{dt}^{G*}$ 。

② 当 $0 < k < \frac{\theta_b^2}{4}$, $0 < \xi < \frac{1}{4}$, $\sqrt{\frac{2k}{\theta_b^2}} < \gamma < 1$ 时, $\pi_{zt}^{X*} > \pi_{zt}^{Y*} > \pi_{zt}^{G*}$; 当 $\frac{\theta_b^2}{4} < k < 1$, $\frac{1}{4} < \xi < 1$, $0 < \gamma < \sqrt{\frac{2k}{\theta_b^2}}$ 时, $\pi_{zt}^{X*} < \pi_{zt}^{Y*} < \pi_{zt}^{G*}$ 。

推论 3.8 中①表明代理模式下, 当平台分担区块链投资成本系数、服务佣金率与货主偏好程度都小于一定阈值时, 物流平台的最优利润在供应商投资区块链增值服务情形下最大, 在双方共同投资区块链增值服务情形下最小。当平台分担区块链投资成本系数、服务佣金率与货主偏好程度都大于一定阈值时, 物流平台的最优利润在双方共同投资区块链增值服务情形下最大, 在供应商投资区块链增值服务情形下最小。推论 3.8 中②表明批发模式下, 当区块链增值服务的边际投资成本系数与平台分担区块链投资成本系数小于一定阈值, 货主偏好程度大于一定阈值时, 物流平台的最优利润在供应商投资区块链增值服务情形下最大, 在双方共同投资区块链增值服务情形下最小。当区块链增值服务的边际投资成本系数

与平台分担区块链投资成本系数大于一定阈值，货主偏好程度小于一定阈值时，物流平台的最优利润在双方共同投资区块链增值服务情形下最大，在供应商投资区块链增值服务情形下最小。

(3) 平台供应链利润比较

由供应商和物流平台最优利润可得代理和批发模式下平台供应链利润分别为 $\pi_{dl}^* = \pi_{dt}^* + \pi_{dm}^*$ ； $\pi_{zl}^* = \pi_{zt}^* + \pi_{zm}^*$ ，对其进行比较。

推论 3.9: ① 当 $\frac{1-2\phi+7\phi^2}{6\phi^2} - \sqrt{\frac{1-4\phi+18\phi^2-28\phi^3+13\phi^4}{36\phi^4}} < \xi \leq \frac{1}{2}$ ， $0 < k < \frac{\theta_b^2}{3}$ ， $0 < \phi \leq \frac{k}{\theta_b^2}$ ， $\sqrt{\frac{-2k}{(-1+\phi)\theta_b^2}} < \gamma < 1$ 时， $\pi_{dl}^{X*} > \pi_{dl}^{Y*} > \pi_{dl}^{G*}$ ；当 $0 < \xi \leq \frac{1-2\phi+7\phi^2}{6\phi^2} - \sqrt{\frac{1-4\phi+18\phi^2-28\phi^3+13\phi^4}{36\phi^4}}$ ， $\frac{\theta_b^2}{3} < k < 1$ ， $\frac{k}{\theta_b^2} < \phi < 1$ ， $0 < \gamma < \sqrt{\frac{-2k}{(-1+\phi)\theta_b^2}}$ 时， $\pi_{dl}^{X*} < \pi_{dl}^{Y*} < \pi_{dl}^{G*}$ 。

② 当 $0 < k < \frac{\theta_b^2}{4}$ ， $0 < \xi < \frac{1}{4}$ ， $\sqrt{\frac{2k}{\theta_b^2}} < \gamma < 1$ 时， $\pi_{zl}^{X*} > \pi_{zl}^{Y*} > \pi_{zl}^{G*}$ ；当 $\frac{\theta_b^2}{4} < k < 1$ ， $\frac{1}{4} < \xi < 1$ ， $0 < \gamma < \sqrt{\frac{2k}{\theta_b^2}}$ 时， $\pi_{zl}^{X*} < \pi_{zl}^{Y*} < \pi_{zl}^{G*}$ 。

推论 3.9 中①表明代理模式下，当平台分担区块链投资成本系数、服务佣金率与区块链增值服务的边际投资成本系数都小于一定阈值，货主偏好程度大于一定阈值时，平台供应链的最优利润在供应商投资区块链增值服务情形下最大，在双方共同投资区块链增值服务情形下最小。当平台分担区块链投资成本系数、服务佣金率与区块链增值服务的边际投资成本系数都大于一定阈值，货主偏好程度小于一定阈值时，平台供应链的最优利润在双方共同投资区块链增值服务情形下最大，在供应商投资区块链增值服务情形下最小。推论 3.9 中②批发模式下，当区块链增值服务的边际投资成本系数与平台分担区块链投资成本系数小于一定阈值，货主偏好程度大于一定阈值时，平台供应链的最优利润在供应商投资区块链增值服务情形下最大，在双方共同投资区块链增值服务情形下最小。当区块链增值服务的边际投资成本系数与平台分担区块链投资成本系数大于一定阈值，货主偏好程度小于一定阈值时，平台供应链的最优利润在双方共同投资区块链增值服务情形下最大，在供应商投资区块链增值服务情形下最小。上述比较结果也与现实案例相佐证，例如淘宝与茅台公司合作，建立一种基于 RFID 电子标签和区块链的“一物一码”可信溯源体系，实现快速高效辨别产品真伪，货主可实时查

看产品信息，供应链透明度和效率方面的得到了有效提高，同时也为茅台公司和淘宝带来了显著的益处。

对于上述分析结果，为了更好的观察，假定其他参数在一定范围内符合上述分析要求，在表 3-3 中总结出货主偏好程度对供应商、物流平台以及平台供应链最优利润的影响，如下所示：

表 3-3 货主偏好程度对最优利润的影响

最优利润	代理模式	批发模式
供应商最优利润	$\gamma \uparrow, \pi_{dm}^{X*} > \pi_{dm}^{Y*} > \pi_{dm}^{G*}$	$\gamma \uparrow, \pi_{zm}^{X*} > \pi_{zm}^{Y*} > \pi_{zm}^{G*}$
	$\gamma \downarrow, \pi_{dm}^{X*} < \pi_{dm}^{Y*} < \pi_{dm}^{G*}$	$\gamma \downarrow, \pi_{zm}^{X*} < \pi_{zm}^{Y*} < \pi_{zm}^{G*}$
平台最优利润	$\gamma \uparrow, \pi_{dt}^{X*} > \pi_{dt}^{Y*} > \pi_{dt}^{G*}$	$\gamma \uparrow, \pi_{zt}^{X*} > \pi_{zt}^{Y*} > \pi_{zt}^{G*}$
	$\gamma \downarrow, \pi_{dt}^{X*} < \pi_{dt}^{Y*} < \pi_{dt}^{G*}$	$\gamma \downarrow, \pi_{zt}^{X*} < \pi_{zt}^{Y*} < \pi_{zt}^{G*}$
平台供应链最优利润	$\gamma \uparrow, \pi_{dl}^{X*} > \pi_{dl}^{Y*} > \pi_{dl}^{G*}$	$\gamma \uparrow, \pi_{zl}^{X*} > \pi_{zl}^{Y*} > \pi_{zl}^{G*}$
	$\gamma \downarrow, \pi_{dl}^{X*} < \pi_{dl}^{Y*} < \pi_{dl}^{G*}$	$\gamma \downarrow, \pi_{zl}^{X*} < \pi_{zl}^{Y*} < \pi_{zl}^{G*}$

3.4.2 区块链投资量比较

在 X、Y 和 G 三种不同区块链增值服务投资情形下，供应商或物流平台区块链最优投资量均已在上述计算中得出，现分别对供应商或物流平台在代理与批发模式下的最优投资量进行比较分析可得推论 3.10-3.11：

(1) 代理模式

推论 3.10：当 $0 < \phi \leq \frac{1}{3}$, $0 < \xi < \frac{(2-\theta_b^2+\phi\theta_b^2)1}{2}$, $\phi\theta_b^2 \leq k < \frac{(\theta_b^2-\phi\theta_b^2)}{2}$, $\sqrt{\frac{-2k+2k\xi}{(-1+\phi)\theta_b^2}} < \gamma < \sqrt{\frac{-2k}{(-1+\phi)\theta_b^2}}$ 时, $v_d^{Y*} > v_d^{X*} > v_d^{G*}$; $\frac{1}{3} < \phi < 1$, $\frac{(2-\theta_b^2+\phi\theta_b^2)1}{2} < \xi < 1$, $\frac{(\theta_b^2-\phi\theta_b^2)1}{2} \leq k < 1$, $0 < k < \phi\theta_b^2$, $0 < \gamma < \sqrt{\frac{-2k+2k\xi}{(-1+\phi)\theta_b^2}}$ 或 $\sqrt{\frac{-2k}{(-1+\phi)\theta_b^2}} < \gamma < 1$ 时, $v_d^{Y*} < v_d^{X*} < v_d^{G*}$ 。

推论 3.10 表明代理模式下，当服务佣金率与平台分担区块链投资成本系数都小于一定阈值，区块链增值服务的边际投资成本系数与货主偏好程度处于一定范围内时，区块链增值服务最优投资量在物流平台投资区块链增值服务情形下最大，在双方共同投资区块链增值服务情形下最小。当服务佣金率与平台分担区块链投资成本系数都大于一定阈值，区块链增值服务的边际投资成本系数与货主偏

好程度小于或大于一定阈值时，区块链增值服务最优投资量在双方共同投资区块链增值服务情形下最大，物流平台投资区块链增值服务情形下最小。

(2) 批发模式

推论 3.11: 当 $0 < k < \frac{\theta_b^2}{4}$, $0 < \xi < \frac{1}{2}$, $\sqrt{\frac{2k}{\theta_b^2}} < \gamma < 1$ 时, $v_z^{X*} > v_z^{Y*} > v_z^{G*}$,
 $\frac{\theta_b^2}{4} < k < 1$, $\frac{1}{2} < \xi < 1$, $0 < \gamma < \sqrt{\frac{2k-2k\xi}{\theta_b^2}}$ 时, $v_z^{X*} < v_z^{Y*} < v_z^{G*}$ 。

推论 3.11 表明批发模式下，当平台分担区块链投资成本系数、区块链增值服务的边际投资成本系数小于一定阈值，货主偏好程度大于一定阈值时，区块链增值服务最优投资量在供应商投资区块链增值服务情形下最大，在双方共同投资区块链增值服务情形下最小。当平台分担区块链投资成本系数、区块链增值服务的边际投资成本系数大于一定阈值，货主偏好程度小于一定阈值时，区块链增值服务最优投资量在双方共同投资区块链增值服务情形下最大，在供应商投资区块链增值服务情形下最小。

3.5 数值分析

为了直观说明在 X、Y 和 G 三种不同区块链增值服务投资情形下，供应商和物流平台在选择代理模式与批发模式时，货主偏好程度对最优销售价格，最优利润和区块链增值服务最优投资量的影响，本文对其进行数值模拟，参数取值满足前文所述条件，分析某一参数的变化情况时，其他参数保持不变。

当 $A = 0.7$, $\theta_b = 0.7$, $k = 0.6$, $\phi = 0.4$, $\xi = 0.6$ 时，利用 Matlab 绘图比较可得货主偏好程度 γ 的变化对最优销售价格 p_i^* 的影响，如图 3-2 所示：

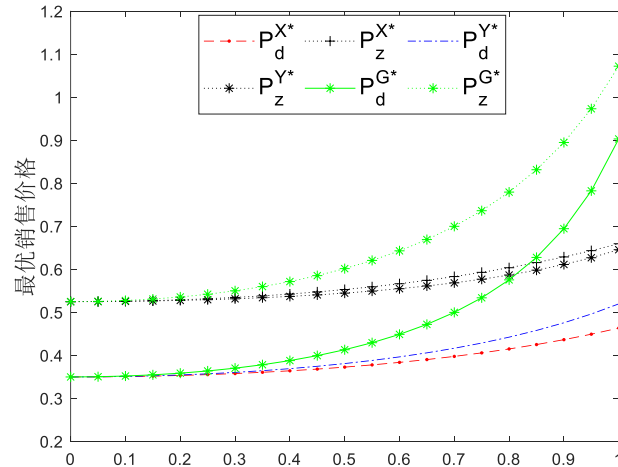


图 3-2 货主偏好程度对最优销售价格的影响

由图 3-2 可知，在 X、Y 和 G 三种不同区块链增值服务投资情形下，供应商和物流平台在选择代理模式与批发模式时，其最优销售价格都随着货主偏好程度增大而增大，当供应商和物流平台都投资区块链增值服务时，代理模式与批发模式下的最优销售价格随着货主偏好程度增大而增速较快，其余则较为缓慢。当供应商和物流平台都投资区块链增值服务时，批发模式下的最优销售价格更高，当供应商投资区块链增值服务时，代理模式下的最优销售价格更低。

当 $A = 0.7$ ， $\theta_b = 0.7$ ， $k = 0.6$ ， $\phi = 0.4$ ， $\xi = 0.6$ 时，利用 Matlab 绘图比较可得货主偏好程度 γ 的变化对区块链增值服务最优投资量 v_i^* 的影响，如图 3-3 所示：

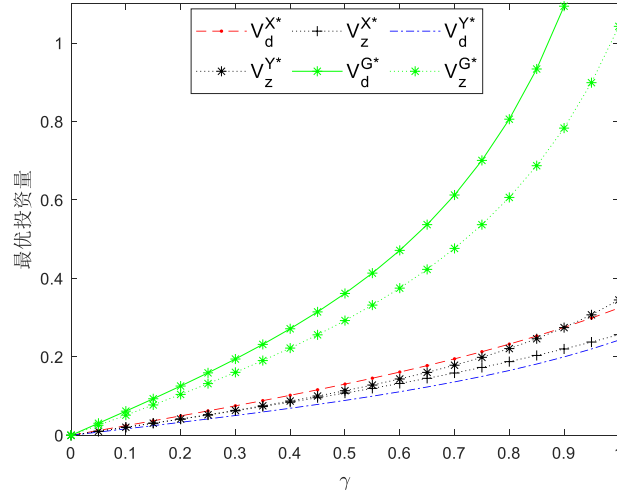


图 3-3 货主偏好程度对最优投资量的影响

由图 3-3 可知，在 X、Y 和 G 三种不同区块链增值服务投资情形下，供应商和物流平台在选择代理模式与批发模式时，区块链增值服务最优投资量都随着货主偏好程度增大而增大，当供应商和物流平台都投资区块链增值服务时，代理模式与批发模式下的区块链增值服务最优投资量随着货主偏好程度增大而增速较快，其余则较为缓慢。当供应商和物流平台都投资区块链增值服务时，代理模式下的区块链增值服务最优投资量更高，当物流平台投资区块链增值服务时，代理模式下的区块链增值服务最优投资量更低。

当 $A = 0.7$ ， $\theta_b = 0.7$ ， $k = 0.6$ ， $\phi = 0.4$ ， $\xi = 0.6$ 时，利用 Matlab 绘图比较可得货主偏好程度 γ 的变化对供应商，物流平台和平台供应链最优利润 π_{ij}^* 的影响，如图 3-4，图 3-5，图 3-6 所示：

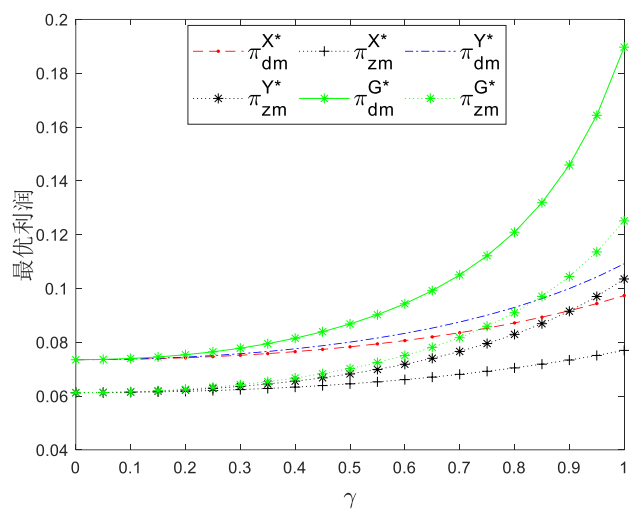


图 3-4 货主偏好程度对供应商最优利润影响

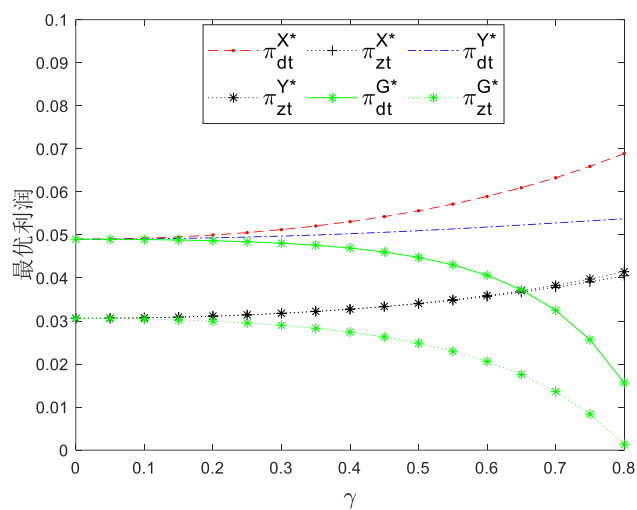


图 3-5 货主偏好程度对物流平台最优利润影响

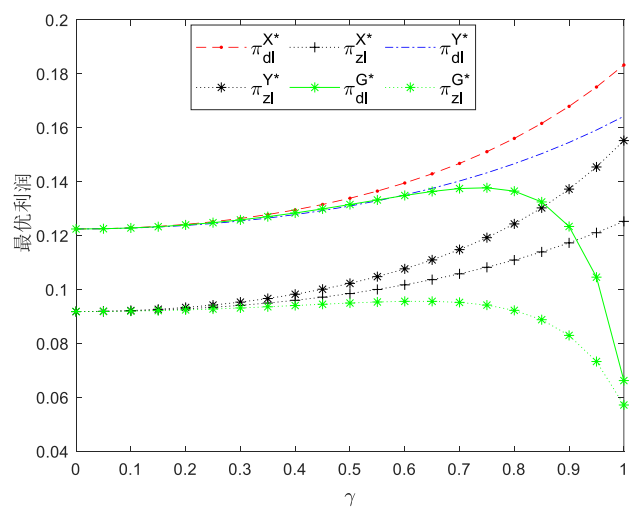


图 3-6 货主偏好程度对平台供应链最优利润影响

由图 3-4 可知，在 X、Y 和 G 三种不同区块链增值服务投资情形下，供应商

在选择代理模式与批发模式时，最优利润都随着货主偏好程度增大而增大，当供应商和物流平台都投资区块链增值服务时，代理模式与批发模式下的最优利润随着货主偏好程度增大而增速较快，其余则较为缓慢。当供应商和物流平台都投资区块链增值服务时，供应商在代理模式下的最优利润更高，当物流平台投资区块链增值服务时，供应商在批发模式下的最优利润更低。

由图 3-5 可知，在供应商或物流平台投资区块链增值服务时，物流平台在选择代理模式与批发模式时，最优利润都随着货主偏好程度增大而增大。而当供应商和物流平台都投资区块链增值服务时，物流平台在选择代理模式与批发模式时，最优利润则随着货主偏好程度先增大后减小。当供应商投资区块链增值服务时，物流平台在代理模式下的最优利润更高，当供应商和物流平台都投资区块链增值服务时，供应商在批发模式下的最优利润更低。

由图 3-6 可知，在供应商或物流平台投资区块链增值服务时，平台供应链在代理模式与批发模式中最优利润都随着货主偏好程度增大而增大。而当供应商和物流平台都投资区块链增值服务时，平台供应链在代理模式与批发模式中最优利润则随着货主偏好程度增大而减小。当供应商投资区块链增值服务时，平台供应链在代理模式下的最优利润更高，当供应商和物流平台都投资区块链增值服务时，平台供应链在批发模式下的最优利润更低。

3.6 本章小结

本章以一个供应商和一个物流平台组成的供应链系统为研究对象，在考虑货主存在不同程度信息溯源偏好的基础上，根据供应商与物流平台是否投资区块链增值服务，将其划分为代理与批发模式下供应商投资区块链增值服务，物流平台投资区块链增值服务，双方共同投资区块链增值服务三种情形，并分别探究三种情形下区块链增值服务投资与定价策略。研究表明：（1）当平台分担区块链投资成本系数、服务佣金率与货主偏好程度都处于一定阈值范围时，在 X、Y 和 G 三种不同区块链增值服务投资情形下的最优销售价格与区块链增值服务最优投资量均随着货主偏好程度的增大而增大。（2）当平台分担区块链投资成本系数、服务佣金率、区块链增值服务的边际投资成本系数都处于一定阈值范围时，代理与批发模式下，当货主偏好程度小于一定阈值时，在双方共同投资区块链增值服务情形下占优。当货主偏好程度大于一定阈值时，在供应商投资区块链增值服务

情形下占优。（3）代理模式下，当货主偏好程度处于一定范围内时，区块链增值服务最优投资量在物流平台投资区块链增值服务情形下最大。货主偏好程度小于或大于一定阈值时，区块链增值服务最优投资量在双方共同投资区块链增值服务情形下最大。批发模式下，当货主偏好程度大于一定阈值时，区块链增值服务最优投资量在供应商投资区块链增值服务情形下最大。货主偏好程度小于一定阈值时，区块链增值服务最优投资量在双方共同投资区块链增值服务情形下最大。

本章的研究结论对于平台供应链具有重要的管理启示：（1）无论物流平台投或不投区块链增值服务，都应该向货主宣传区块链增值服务，借此提高货主信息溯源偏好程度，达到提高利润目的。（2）上述结论可知当供应商投资区块链增值服务时，供应商和物流平台的最优利润都在货主信息溯源偏好程度大于一定阈值时最大，因此供应商应该投资区块链增值服务并采取措施提高货主对信息溯源的偏好程度。（3）无论批发还是代理模式，都对区块链增值服务投资影响较小，因此供应商和物流平台都应投资区块链增值服务来吸引更多货主加入。

第4章 用户偏好下静态竞争型物流平台区块链增值服务投资与定价研究

在第3章的研究中,本文在考虑货主具有信息溯源偏好下,讨论了垄断市场条件下物流平台的区块链增值服务投资与定价决策问题。通过对均衡解进行分析,为垄断市场中平台供应链的区块链增值服务与定价决策提供了一些建议。本章将在上一章的基础上,将情形拓展至静态竞争市场情形,同时将用户偏好细分为两种类型,进一步对用户偏好下物流平台的区块链增值服务投资与定价问题展开讨论。

4.1 问题提出

随着大众对物流行业关注度的增加,市场竞争变得越来越激烈,同时物流物流平台快速发展过程中常出现虚假信息、虚假交易、信用缺失、货款拖欠等痛点与难点,因而物流平台纷纷投资区块链增值服务来提升物流平台信用体系,从而达到提升自身服务水平的目的。区块链技术是一种分布式记账的共享信息技术,具有可追溯、防篡改等特点,能够较好解决物流平台的数字征信问题。比如路歌平台利用大数据+区块链技术,打造物流业务全链可信增值服务系统,为车主和货主打造物流全程的安全、透明、可追溯的信用体系;顺丰平台利用区块链技术开发散客“先寄后付”的增值服务;京东物流基于区块链技术首创物流签单往返的供应链可信服务平台。区块链增值服务解决了物流平台征信等问题,提升了自身服务水平,但用户加入物流平台需要支付区块链增值服务费用,因而用户加入物流平台时需要权衡区块链增值服务质量 and 价格。物流平台用户对区块链增值服务会有不同偏好,部分车主或货主更偏爱区块链增值服务质量,部分车主或货主更偏爱区块链增值服务价格,因此本文在显著性偏好理论基础上,研究车主或货主在区块链增值服务质量和服务价格属性存在偏好时,研究基于双边市场视角的物流平台寡头竞争中区块链增值服务的投资和定价策略。

4.2 模型描述与建立

假定市场存在两个相互竞争的物流平台 1 和 2，平台 1 和 2 分别分布在长度为 1 的线性城市 0 和 1 两端，车主和货主均匀分布在线性城市。假设 n_{sj} , n_{bj} ($j = 1, 2$) 分别表示平台 1, 2 在车主和货主边的用户规模，车主和货主的总体规模均标准为 1。 m , l 分别为货主和车主到端点的距离， t , f 为货主和车主的单位运输成本即物流平台 1 和物流平台 2 间的横向差异。物流平台为货主 (B) 和车主 (S) 提供物流数字征信、物流追踪、区块链金融等区块链增值服务，并收取费用，令为 p_{ij} ($i = b, s; j = 1, 2$)，表示平台 j 对 i 方使用区块链增值服务收取的价格，物流平台区块链增值服务投资量为 v_j ，能为车主和货主的效用增加 $\theta_i v_j$ ，其中 θ_i 为单位区块链增值服务效用增加量。由于车主或货主对区块链增值服务质量和服务价格具有不同的偏好，因此假设 γ 表示对区块链增值服务质量或区块链增值服务价格的偏好，每个用户在加入物流平台后都会对区块链增值服务质量或区块链增值服务价格产生偏好，部分车主或货主更偏爱区块链增值服务质量，部分车主或货主更偏爱区块链增值服务价格。因此，系数 $1 - \gamma$ 表示用户对区块链增值服务质量或区块链增值服务价格偏好， γ 表示用户对区块链增值服务质量或区块链增值服务价格更加偏好 (即用户对区块链增值服务质量或价格具有偏好)。 $\gamma \in (\frac{1}{2}, 1)$ ， γ 越大，表示用户对区块链增值服务质量或或区块链增值服务价格偏好程度越大， $1 - \gamma \in (0, \frac{1}{2})$ ， $1 - \gamma$ 越小，表示用户对区块链增值服务质量或区块链增值服务价格偏好程度越小。

物流平台具有双边市场的特征，平台上一边用户规模会随着另一边用户规模增加而增加，即存在交叉网络外部性^[52]，令 α_s , α_b 分别表示车主 (货主) 对货主 (车主) 的网络外部性强度系数。假设车主与货主仅进行一次交易，平台与用户间的博弈顺序为：（1）物流平台 1 和 2 决定区块链增值服务的投资量和价格。（2）车主和货主根据平台提供的区块链增值服务水平等情况选择是否加入物流平台 1 或 2。本文研究的模型与符号说明见表 4-1：

表 4-1 参数说明

参数	定义
i, j	$i = b, s; j = 1, 2$
u_{ij}	i 方加入平台 j 的效用函数
n_{ij}	平台 j 上 i 方的用户规模
p_{ij}	平台 j 对 i 方收取的区块链增值服务价格
α_i	i 方的交叉网络外部性
θ_i	每单位区块链增值服务能带来的效用的增加量
v_j	平台 j 的区块链增值服务投资量
π_j	平台 j 的利润函数
m, l	分别为货主和车主到端点的距离
u_0	i 方加入平台 j 获得的基础效用
γ	区块链增值服务质量或区块链增值服务价格偏好度
k	区块链增值服务成本系数

参考已有文献^[22-24]和 Hotelling 模型，物流平台上质量或价格偏好的货主和车主的效用函数分别为：

$$\begin{cases} u_{b1} = u_0 + n_{s1}\alpha_b - (1 - \gamma)p_{b1} + \gamma v_1\theta_b - tm \\ u_{b2} = u_0 + n_{s2}\alpha_b - (1 - \gamma)p_{b2} + \gamma v_2\theta_b - t(1 - m) \end{cases} \quad \text{质量偏好} \quad (4-1)$$

$$\begin{cases} u_{b1} = u_0 + n_{s1}\alpha_b - \gamma p_{b1} + (1 - \gamma)v_1\theta_b - tm \\ u_{b2} = u_0 + n_{s2}\alpha_b - \gamma p_{b2} + (1 - \gamma)v_2\theta_b - t(1 - m) \end{cases} \quad \text{价格偏好} \quad (4-2)$$

$$\begin{cases} u_{s1} = u_0 + n_{b1}\alpha_s - (1 - \gamma)p_{s1} + \gamma v_1\theta_s - fl \\ u_{s2} = u_0 + n_{b2}\alpha_s - (1 - \gamma)p_{s2} + \gamma v_2\theta_s - f(1 - l) \end{cases} \quad \text{质量偏好} \quad (4-3)$$

$$\begin{cases} u_{s1} = u_0 + n_{b1}\alpha_s - \gamma p_{s1} + (1 - \gamma)v_1\theta_s - fl \\ u_{s2} = u_0 + n_{b2}\alpha_s - \gamma p_{s2} + (1 - \gamma)v_2\theta_s - f(1 - l) \end{cases} \quad \text{价格偏好} \quad (4-4)$$

其中 $n_{s1}\alpha_b$, $n_{s2}\alpha_b$, $n_{b1}\alpha_s$, $n_{b2}\alpha_s$ 分别表示货主和车主因交叉网络外部性从平台 1, 2 获得的效用, $\gamma v_1\theta_b$, $\gamma v_2\theta_b$ 分别表示货主边对平台 1, 2 的区块链增值服务质量偏好, γp_{b1} , γp_{b2} 分别表示货主边对平台 1, 2 区块链增值服务价格偏好, $\gamma v_1\theta_s$, $\gamma v_2\theta_s$ 分别表示车主边对平台 1, 2 的区块链增值服务质量偏好, γp_{s1} , γp_{s2} 分别表示车主对平台 1, 2 的区块链增值服务价格偏好。

假设平台的固定成本为零，根据参考文献 Dou 等^[23]，假定平台的区块链增值服务投资量为 v_j ，所需要的成本为 $\frac{kv_j^2}{2}$ 。 $p_{bj}n_{bj}$, $p_{sj}n_{sj}$ 分别表示货主和车主边的用户规模所带来的收入，因此物流平台的利润函数为：

$$\pi_j = p_{bj}n_{bj} + p_{sj}n_{sj} - \frac{kv_j^2}{2} \quad (4-5)$$

上述模型使得本章能够探究在四种情形下，平台如何确定最优价格，区块链增值服务质量投资量和利润。

4.3 模型计算与结果分析

本章将用户划分为区块链增值服务质量偏好和区块链增值服务价格偏好两种类型，分为双边用户都是区块链增值服务质量偏好(BB 情形)，双边用户都是区块链增值服务价格偏好(PP 情形)，BB, PP 情形称为对称情形，即双边用户存在相同类型偏好。货主区块链增值服务质量偏好, 车主区块链增值服务价格偏好(BP 情形)，车主区块链增值服务质量偏好，货主区块链增值服务价格偏好(PB 情形)，BP, PB 情形称为不对称情形，即双边用户存在不同类型偏好。并分别对四种情形进行分析计算。

4.3.1 双边用户质量偏好

货主和车主的效用函数分别为：

$$u_{b1} = u_0 + n_{s1}\alpha_b - (1 - \gamma)p_{b1} + \gamma v_1\theta_b - tm \quad (4-6)$$

$$u_{b2} = u_0 + n_{s2}\alpha_b - (1 - \gamma)p_{b2} + \gamma v_2\theta_b - t(1 - m) \quad (4-7)$$

$$u_{s1} = u_0 + n_{b1}\alpha_s - (1 - \gamma)p_{s1} + \gamma v_1\theta_s - fl \quad (4-8)$$

$$u_{s2} = u_0 + n_{b2}\alpha_s - (1 - \gamma)p_{s2} + \gamma v_2\theta_s - f(1 - l) \quad (4-9)$$

双边单归属情形时，双边用户规模满足 $n_{b1} + n_{b2} = 1, n_{s1} + n_{s2} = 1$ 。则双边用户效用满足以下方程：

$$u_0 + n_{s1}\alpha_b - (1 - \gamma)p_{b1} + \gamma v_1\theta_b - tm = u_0 + n_{s2}\alpha_b - (1 - \gamma)p_{b2} + \gamma v_2\theta_b - t(1 - m) \quad (4-10)$$

$$u_0 + n_{b1}\alpha_s - (1 - \gamma)p_{s1} + \gamma v_1\theta_s - fl = u_0 + n_{b2}\alpha_s - (1 - \gamma)p_{s2} + \gamma v_2\theta_s - f(1 - l) \quad (4-11)$$

命题 4.1 当 $0 < ft < \alpha_b\alpha_s < 1$ 时，物流平台的最优价格、区块链最优投资量和最优利润分别为：

$$p_{b1}^{BB*} = p_{b2}^{BB*} = \frac{t - \alpha_s}{1 - \gamma}, \quad p_{s1}^{BB*} = p_{s2}^{BB*} = \frac{f - \alpha_b}{1 - \gamma}, \quad v_1^{BB*} = v_2^{BB*} = \frac{\gamma(\theta_b + \theta_s)}{2k(1 - \gamma)}$$

$$\pi_1^{BB*} = \pi_2^{BB*} = \frac{4(f + t) - 4(\alpha_b + \alpha_s) + \frac{\gamma^2(\theta_b + \theta_s)^2}{k(-1 + \gamma)}}{8(1 - \gamma)}$$

证明 联立式 (4-10), 式 (4-11) 可得用户无差异点分别为:

$$m = \frac{t - p_{b1} + \gamma p_{b1} + p_{b2} - \gamma p_{b2} + n_{s1}\alpha_b - n_{s2}\alpha_b + \gamma\theta_b(v_1 - v_2)}{2t} \quad (4-12)$$

$$l = \frac{f - p_{s1} + \gamma p_{s1} + p_{s2} - \gamma p_{s2} + n_{b1}\alpha_s - n_{b2}\alpha_s + \gamma\theta_s(v_1 - v_2)}{2f} \quad (4-13)$$

由无差异点可知双边用户规模为: $n_{b1} = m$, $n_{b2} = 1 - m$, $n_{s1} = l$, $n_{s2} = 1 - l$ 。将所得的用户规模代入式 (4-5) 后对 p_{b1} , p_{b2} , p_{s1} , p_{s2} , v_1 , 求一阶偏导数, 并令其为 0, 可得价格, 区块链投资量的最优值为:

$$p_{b1}^{BB*} = p_{b2}^{BB*} = \frac{t - \alpha_s}{1 - \gamma}, \quad p_{s1}^{BB*} = p_{s2}^{BB*} = \frac{f - \alpha_b}{1 - \gamma}, \quad v_1^{BB*} = v_2^{BB*} = \frac{\gamma(\theta_b + \theta_s)}{2k(1 - \gamma)}$$

再将其代入利润函数式 (4-5) 得利润最优值为:

$$\pi_1^{BB*} = \pi_2^{BB*} = \frac{4(f + t) - 4(\alpha_b + \alpha_s) + \frac{\gamma^2(\theta_b + \theta_s)^2}{k(-1 + \gamma)}}{8(1 - \gamma)}$$

利用黑塞矩阵可得, $0 < ft < \alpha_b\alpha_s < 1$ 是 BB 情形下最优解存在的充要条件, 为探究偏好系数 γ 和交叉网络外部性系数 α_b 和 α_s 的变化对区块链投资量, 价格和利润的影响, 依据上述计算结果得到推论 4.1。

推论 4.1 在 BB 情形下:

(1) 当 $f - t + \alpha_s < \alpha_b < 1$ 时, $p_{b1}^{BB*} \geq p_{s1}^{BB*}$, $p_{b2}^{BB*} \geq p_{s2}^{BB*}$, 当 $0 < \alpha_b < f - t + \alpha_s$ 时, $p_{b1}^{BB*} \leq p_{s1}^{BB*}$, $p_{b2}^{BB*} \leq p_{s2}^{BB*}$ 。

(2) 当 $t < \alpha_s < 1$ 时, $\frac{\partial p_{b1}^{BB*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial p_{b2}^{BB*}}{\partial \gamma} > 0$, 当 $0 < \alpha_s < t$ 时, $\frac{\partial p_{b1}^{BB*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial p_{b2}^{BB*}}{\partial \gamma} < 0$, 当 $f < \alpha_b < 1$ 时, $\frac{\partial p_{s1}^{BB*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial p_{s2}^{BB*}}{\partial \gamma} > 0$, 当 $0 < \alpha_b < f$ 时, $\frac{\partial p_{s1}^{BB*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial p_{s2}^{BB*}}{\partial \gamma} < 0$ 。

(3) $\frac{\partial v_1^{BB*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial v_2^{BB*}}{\partial \gamma} = \frac{\theta_b + \theta_s}{2k(-1 + \gamma)^2} > 0$, $\frac{\partial \pi_1^{BB*}}{\partial \alpha_b} = \frac{\partial \pi_2^{BB*}}{\partial \alpha_b} = \frac{\partial \pi_1^{BB*}}{\partial \alpha_s} = \frac{\partial \pi_2^{BB*}}{\partial \alpha_s} = \frac{1}{2(-1 + \gamma)} < 0$ 。

推论 4.1 的结论 (1) 表明当货主边的网络外部性系数强度变大超过阈值时, 即当双边用户都是质量偏好时, 物流平台向货主边收取更高的价格, 当货主边的网络外部性系数强度小于阈值时, 物流平台向车主边收取更高的价格。

结论 (2) 表明当车主边的网络外部性强度变大时, 物流平台货主边的最优价格变高。当货主边的网络外部性强度变大时, 物流平台车主边的最优价格也会变高。

结论（3）表明随着偏好程度的变大，物流平台的区块链投资量都会增大。无论交叉网络外部性强度是增加还是减少，物流平台的利润都会降低。

结论（3）也与实际情况相佐证，区块链技术可以很好地解决物流平台的数据信用问题，所以物流平台将增加对区块链的投资力度。例如路歌平台利用大数据+区块链技术，打造物流业务全链可信增值服务系统，提升了用户的信任度。同时路歌建立了可追溯的信用数字体系，确保了交易双方和银行之间能够通过开放、透明、安全的方式来实现信息的共享。

4.3.2 双边用户价格偏好

货主和车主的效用函数分别为：

$$u_{b1} = u_0 + n_{s1}\alpha_b - \gamma p_{b1} + (1 - \gamma)v_1\theta_b - tm \quad (4-14)$$

$$u_{b2} = u_0 + n_{s2}\alpha_b - \gamma p_{b2} + (1 - \gamma)v_2\theta_b - t(1 - m) \quad (4-15)$$

$$u_{s1} = u_0 + n_{b1}\alpha_s - \gamma p_{s1} + (1 - \gamma)v_1\theta_s - fl \quad (4-16)$$

$$u_{s2} = u_0 + n_{b2}\alpha_s - \gamma p_{s2} + (1 - \gamma)v_2\theta_s - f(1 - l) \quad (4-17)$$

双边单归属情形时，双边用户规模满足 $n_{b1} + n_{b2} = 1$ ， $n_{s1} + n_{s2} = 1$ 。则双边用户效用满足以下方程：

$$u_0 + n_{s1}\alpha_b - \gamma p_{b1} + (1 - \gamma)v_1\theta_b - tm = u_0 + n_{s2}\alpha_b - \gamma p_{b2} + (1 - \gamma)v_2\theta_b - t(1 - m) \quad (4-18)$$

$$u_0 + n_{b1}\alpha_s - \gamma p_{s1} + (1 - \gamma)v_1\theta_s - fl = u_0 + n_{b2}\alpha_s - \gamma p_{s2} + (1 - \gamma)v_2\theta_s - f(1 - l) \quad (4-19)$$

命题 4.2 当 $0 < \alpha_b\alpha_s < ft < 1$ 时，物流平台的最优价格、区块链最优投资量和最优利润分别为：

$$\begin{aligned} p_{b1}^{PP*} &= p_{b2}^{PP*} = \frac{t - \alpha_s}{\gamma}, \quad p_{s1}^{PP*} = p_{s2}^{PP*} = \frac{f - \alpha_b}{\gamma}, \\ v_1^{PP*} &= v_2^{PP*} = \frac{(-1 + \gamma)(\theta_b + \theta_s)}{2k\gamma} \\ \pi_1^{PP*} &= \pi_2^{PP*} = \frac{4(f + t) - 4(\alpha_b + \alpha_s) - \frac{(-1 + \gamma)^2(\theta_b + \theta_s)^2}{k\gamma}}{8\gamma} \end{aligned}$$

证明同上述 4.3.1。

利用黑塞矩阵可得， $0 < \alpha_b\alpha_s < ft < 1$ 是 PP 情形下最优解存在的充要条件。为探究偏好系数 γ 和交叉网络外部性系数 α_b 和 α_s 的变化对区块链投资量，价格和利润的影响，依据上述计算结果得到推论 4.2。

推论 4.2 在 PP 情形下:

- (1) 当 $f - t + \alpha_s < \alpha_b < 1$ 时, $p_{b1}^{PP*} \geq p_{s1}^{PP*}$, $p_{b2}^{PP*} \geq p_{s2}^{PP*}$, 当 $0 < \alpha_b < f - t + \alpha_s$ 时, $p_{b1}^{PP*} \leq p_{s1}^{PP*}$, $p_{b2}^{PP*} \leq p_{s2}^{PP*}$ 。
- (2) 当 $t < \alpha_s < 1$ 时, $\frac{\partial p_{b1}^{PP*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial p_{b2}^{PP*}}{\partial \gamma} > 0$, 当 $0 < \alpha_s < t$ 时, $\frac{\partial p_{b1}^{PP*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial p_{b2}^{PP*}}{\partial \gamma} < 0$, 当 $f < \alpha_b < 1$ 时, $\frac{\partial p_{s1}^{PP*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial p_{s2}^{PP*}}{\partial \gamma} > 0$, 当 $0 < \alpha_b < f$ 时, $\frac{\partial p_{s1}^{PP*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial p_{s2}^{PP*}}{\partial \gamma} < 0$ 。
- (3) $\frac{\partial v_1^{BB*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial v_2^{BB*}}{\partial \gamma} = \frac{\theta_b + \theta_s}{2k\gamma^2} > 0$, $\frac{\partial \pi_1^{PP*}}{\partial \alpha_b} = \frac{\partial \pi_2^{PP*}}{\partial \alpha_b} = \frac{\partial \pi_1^{PP*}}{\partial \alpha_s} = \frac{\partial \pi_2^{PP*}}{\partial \alpha_s} = \frac{-1}{2\gamma} < 0$ 。

推论 4.2 的结论 (1) 表明当货主边的网络外部性系数强度变大超过阈值时, 即当双边用户都是价格偏好时, 物流平台向货主边收取更高的价格, 当货主边的网络外部性系数强度小于阈值时, 物流平台向车主边收取更高的价格。

结论 (2) 表明当车主边的网络外部性强度变大时, 物流平台货主边收取的最优价格变高。当货主边的网络外部性强度变大时, 物流平台车主边的最优价格也会变高。

结论 (3) 表明随着偏好程度的变大, 物流平台的区块链投资量都会增大。无论交叉网络外部性强度是增加还是减少, 物流平台的利润都会降低。

4.3.3 货主质量偏好, 车主价格偏好

货主和车主的效用函数分别为:

$$u_{b1} = u_0 + n_{s1}\alpha_b - (1 - \gamma)p_{b1} + \gamma v_1\theta_b - tm \quad (4-20)$$

$$u_{b2} = u_0 + n_{s2}\alpha_b - (1 - \gamma)p_{b2} + \gamma v_2\theta_b - t(1 - m) \quad (4-21)$$

$$u_{s1} = u_0 + n_{b1}\alpha_s - \gamma p_{s1} + (1 - \gamma)v_1\theta_s - fl \quad (4-22)$$

$$u_{s2} = u_0 + n_{b2}\alpha_s - \gamma p_{s2} + (1 - \gamma)v_2\theta_s - f(1 - l) \quad (4-23)$$

双边单归属情形时, 双边用户规模满足 $n_{b1} + n_{b2} = 1$, $n_{s1} + n_{s2} = 1$ 。则双边用户效用满足以下方程:

$$u_0 + n_{s1}\alpha_b - (1 - \gamma)p_{b1} + \gamma v_1\theta_b - tm = u_0 + n_{s2}\alpha_b - (1 - \gamma)p_{b2} + \gamma v_2\theta_b - t(1 - m) \quad (4-24)$$

$$u_0 + n_{b1}\alpha_s - \gamma p_{s1} + (1 - \gamma)v_1\theta_s - fl = u_0 + n_{b2}\alpha_s - \gamma p_{s2} + (1 - \gamma)v_2\theta_s - f(1 - l) \quad (4-25)$$

命题 4.3 当 $0 < \alpha_b\alpha_s < ft < 1$ 时, 物流平台的最优价格、区块链最优投资量和最优利润分别为:

$$\begin{aligned}
 p_{b1}^{BP*} &= p_{b2}^{BP*} = \frac{t}{1-\gamma} - \frac{\alpha_s}{\gamma}, \quad p_{s1}^{BP*} = p_{s2}^{BP*} = \frac{f}{\gamma} - \frac{\alpha_b}{1-\gamma} \\
 v_1^{BP*} &= v_2^{BP*} = \frac{\gamma^2 \theta_b + (-1+\gamma)^2 \theta_s}{2k(1-\gamma)\gamma} \\
 \pi_1^{BP*} &= \pi_2^{BP*} = \frac{4(f-f\gamma+t\gamma) - 4\gamma\alpha_b + 4(-1+\gamma)\alpha_s + \frac{(\gamma^2 \theta_b + (-1+\gamma)^2 \theta_s)^2}{k(-1+\gamma)\gamma}}{8(1-\gamma)\gamma}
 \end{aligned}$$

证明同上述 4.3.1。

利用黑塞矩阵可得, $0 < \alpha_b \alpha_s < ft < 1$ 是 BP 情形下最优解存在的充要条件。为探究偏好系数 γ 和交叉网络外部性系数 α_b 和 α_s 的变化对区块链投资量, 价格和利润的影响, 依据上述计算结果得到推论 4.3。

推论 3 在 BP 情形下:

$$\begin{aligned}
 (1) \text{ 当 } \frac{f+\alpha_s}{f+t+\alpha_s} \leq \gamma < 1 \text{ 时, } \frac{f-f\gamma-t\gamma+\alpha_s-\gamma\alpha_s}{\gamma} < \alpha_b < 1 \text{ 时, } p_{b1}^{BP*} &\geq p_{s1}^{BP*}, p_{b2}^{BP*} \geq p_{s2}^{BP*}, \\
 \text{当 } 0 < \alpha_b < \frac{f-f\gamma-t\gamma+\alpha_s-\gamma\alpha_s}{\gamma} \text{ 时, } p_{b1}^{BP*} &\leq p_{s1}^{BP*}, p_{b2}^{BP*} \leq p_{s2}^{BP*}. \\
 (2) \frac{\partial p_{b1}^{BP*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial p_{b2}^{BP*}}{\partial \gamma} = \frac{t}{(-1+\gamma)^2} + \frac{\alpha_s}{\gamma^2} > 0, \text{ 当 } 0 < \alpha_b < \frac{-f+2f\gamma-f\gamma^2}{\gamma^2} \text{ 时, } \frac{\partial p_{s1}^{BP*}}{\partial \gamma} = \\
 \frac{\partial p_{s2}^{BP*}}{\partial \gamma} > 0, \text{ 当 } \frac{-f+2f\gamma-f\gamma^2}{\gamma^2} < \alpha_b < 1 \text{ 时, } \frac{\partial p_{s1}^{BP*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial p_{s2}^{BP*}}{\partial \gamma} < 0. \\
 (3) \text{ 当 } \sqrt{\frac{\theta_b \theta_s}{(\theta_b - \theta_s)^2}} + \frac{\theta_s}{-\theta_b + \theta_s} < \gamma < 1 \text{ 时, } \frac{\partial v_1^{BP*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial v_2^{BP*}}{\partial \gamma} > 0; \text{ 当 } 0 < \gamma < \\
 \sqrt{\frac{\theta_b \theta_s}{(\theta_b - \theta_s)^2}} + \frac{\theta_s}{-\theta_b + \theta_s} \text{ 时, } \frac{\partial v_1^{BP*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial v_2^{BP*}}{\partial \gamma} < 0; \frac{\partial \pi_1^{BP*}}{\partial \alpha_b} = \frac{\partial \pi_2^{BP*}}{\partial \alpha_b} = \frac{1}{2(-1+\gamma)} < 0, \frac{\partial \pi_1^{BP*}}{\partial \alpha_s} = \\
 \frac{\partial \pi_2^{BP*}}{\partial \alpha_s} = -\frac{1}{2\gamma} < 0.
 \end{aligned}$$

推论 3 的结论 (1) 表明在偏好系数属于一定范围时, 当货主边的网络外部性系数强度变大超过阈值时, 即当货主是质量偏好, 车主是价格偏好时, 物流平台向货主边收取更高的价格, 当货主边的网络外部性系数强度小于阈值时, 物流平台向车主边收取更高的价格。

结论 (2) 表明当偏好程度变大时, 物流平台货主边的最优价格变高。当货主边的网络外部性强度增大超过阈值时, 物流平台车主边的最优价格也会变高, 小于阈值时则车主边的最优价格会降低。

结论 (3) 表明当偏好程度小于一定阈值时, 物流平台的区块链投资量随着偏好程度的变大而减小, 当偏好程度大于一定阈值时, 物流平台的区块链投资量

随着偏好程度的变大而增加。无论交叉网络外部性强度是增加还是减少，物流平台的利润都会降低。

4.3.4 货主价格偏好，车主质量偏好

货主和车主的效用函数分别为：

$$u_{b1} = u_0 + n_{s1}\alpha_b - \gamma p_{b1} + (1 - \gamma)v_1\theta_b - tm \quad (4-26)$$

$$u_{b2} = u_0 + n_{s2}\alpha_b - \gamma p_{b2} + (1 - \gamma)v_2\theta_b - t(1 - m) \quad (4-27)$$

$$u_{s1} = u_0 + n_{b1}\alpha_s - (1 - \gamma)p_{s1} + \gamma v_1\theta_s - fl \quad (4-28)$$

$$u_{s2} = u_0 + n_{b2}\alpha_s - (1 - \gamma)p_{s2} + \gamma v_2\theta_s - f(1 - l) \quad (4-29)$$

双边单归属情形时，双边用户规模满足 $n_{b1} + n_{b2} = 1, n_{s1} + n_{s2} = 1$ 。则双边用户效用满足以下方程：

$$u_0 + n_{s1}\alpha_b - \gamma p_{b1} + (1 - \gamma)v_1\theta_b - tm = u_0 + n_{s2}\alpha_b - \gamma p_{b2} + (1 - \gamma)v_2\theta_b - t(1 - m) \quad (4-30)$$

$$u_0 + n_{b1}\alpha_s - (1 - \gamma)p_{s1} + \gamma v_1\theta_s - fl = u_0 + n_{b2}\alpha_s - (1 - \gamma)p_{s2} + \gamma v_2\theta_s - f(1 - l) \quad (4-31)$$

命题 4.4 当 $0 < \alpha_b\alpha_s < ft < 1$ 时，物流平台的最优价格、区块链最优投资量和最优利润分别为：

$$\begin{aligned} p_{b1}^{PB*} &= p_{b2}^{PB*} = \frac{t}{\gamma} - \frac{\alpha_s}{1 - \gamma}, \quad p_{s1}^{PB*} = p_{s2}^{PB*} = \frac{f}{1 - \gamma} - \frac{\alpha_b}{\gamma} \\ v_1^{PB*} &= v_2^{PB*} = \frac{(-1 + \gamma)^2\theta_b + \gamma^2\theta_s}{2k(1 - \gamma)\gamma} \\ \pi_1^{PB*} &= \pi_2^{PB*} \\ &= \frac{-4t(-1 + \gamma) + 4f\gamma + 4(-1 + \gamma)\alpha_b - 4\gamma\alpha_s + \frac{((-1 + \gamma)^2\theta_b + \gamma^2\theta_s)^2}{k(-1 + \gamma)\gamma}}{8(1 - \gamma)\gamma} \end{aligned}$$

证明同上述 4.3.1。

利用黑塞矩阵可得， $0 < \alpha_b\alpha_s < ft < 1$ 是 PB 情形下最优解存在的充要条件。为探究偏好系数 γ 和交叉网络外部性系数 α_b 和 α_s 的变化对区块链投资量，价格和利润的影响，依据上述计算结果得到推论 4.4。

推论 4.4 在 PB 情形下：

$$\begin{aligned} (1) \text{ 当 } \frac{t - t\gamma - \gamma\alpha_s}{\gamma} < f < \frac{1 + t - \gamma - t\gamma - \gamma\alpha_s}{\gamma}, \quad \frac{t - f\gamma - t\gamma - \gamma\alpha_s}{-1 + \gamma} < \alpha_b < 1 \text{ 时, } p_{b1}^{PB*} \geq \\ p_{s1}^{PB*}, \quad p_{b2}^{PB*} \geq p_{s2}^{PB*}, \text{ 当 } 0 < \alpha_b < \frac{t - f\gamma - t\gamma - \gamma\alpha_s}{-1 + \gamma} \text{ 时, } p_{b1}^{PB*} \leq p_{s1}^{PB*}, \quad p_{b2}^{PB*} \leq p_{s2}^{PB*}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(2) \quad & \frac{\partial p_{b1}^{PB*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial p_{b2}^{PB*}}{\partial \gamma} = -\frac{t}{\gamma^2} - \frac{\alpha_s}{(-1+\gamma)^2} < 0, \text{ 当 } -\frac{f\gamma^2}{1-2\gamma+\gamma^2} < \alpha_b < 1 \text{ 时}, \\
& \frac{\partial p_{s1}^{PB*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial p_{s2}^{PB*}}{\partial \gamma} > 0, \text{ 当 } 0 < \alpha_b < -\frac{f\gamma^2}{1-2\gamma+\gamma^2} \text{ 时}, \quad \frac{\partial p_{s1}^{PB*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial p_{s2}^{PB*}}{\partial \gamma} < 0. \\
(3) \quad & \text{当 } \frac{\theta_b}{\theta_b - \theta_s} - \sqrt{\frac{\theta_b \theta_s}{(-\theta_b + \theta_s)^2}} < \gamma < 1 \text{ 时}, \quad \frac{\partial v_1^{BB*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial v_2^{BB*}}{\partial \gamma} > 0; \text{ 当 } 0 < \gamma < \\
& \frac{\theta_b}{\theta_b - \theta_s} - \sqrt{\frac{\theta_b \theta_s}{(-\theta_b + \theta_s)^2}} \text{ 时}, \quad \frac{\partial v_1^{BB*}}{\partial \gamma} = \frac{\partial v_2^{BB*}}{\partial \gamma} < 0; \quad \frac{\partial \pi_1^{PB*}}{\partial \alpha_b} = \frac{\partial \pi_2^{PB*}}{\partial \alpha_b} = -\frac{1}{2\gamma} < 0, \quad \frac{\partial \pi_1^{PB*}}{\partial \alpha_s} = \\
& \frac{\partial \pi_2^{PB*}}{\partial \alpha_s} = \frac{1}{2(-1+\gamma)} < 0.
\end{aligned}$$

推论 4.4 的结论 (1) 表明在 f 属于一定范围时, 当货主边的网络外部性系数强度变大超过阈值时, 即当货主是价格偏好, 车主是质量偏好时, 物流平台向货主边收取更高的价格, 当货主边的网络外部性系数强度小于阈值时, 物流平台向车主边收取更高的价格。

结论 (2) 表明当偏好程度变大时, 物流平台货主边的最优价格降低。当货主边的网络外部性强度变大超过阈值时, 物流平台车主边的最优价格也会变高, 小于阈值时则车主边的最优价格会降低。

结论 (3) 表明当偏好程度大于一定阈值时, 物流平台的区块链投资量随着偏好程度的变大而增加, 当偏好程度小于一定阈值时, 物流平台的区块链投资量随着偏好程度的变大而减少。无论交叉网络外部性强度是增加还是减少, 物流平台的利润都会降低。

4.4 比较与分析

4.4.1 区块链投资量比较

四种情形下的区块链增值服务投资量如表 4-2 所示:

表 4-2 四种情形的区块链投资量

情形	投资量
PP 情形	$v_1^{PP*} = v_2^{PP*}$
BB 情形	$v_1^{BB*} = v_2^{BB*}$
BP 情形	$v_1^{BP*} = v_2^{BP*}$
PB 情形	$v_1^{PB*} = v_2^{PB*}$

通过比较可得命题 4.5:

命题 4.5 当 $\theta_s > \theta_b$ 时, $v_1^{BB*} = v_2^{BB*} > v_1^{BP*} = v_2^{BP*} > v_1^{PB*} = v_2^{PB*} > v_1^{PP*} = v_2^{PP*}$ 。

命题 4.5 表明当 $\theta_s > \theta_b$ 时, 在货主和车主非对称偏好情形时, 物流平台对货主质量偏好, 车主价格偏好情形下的区块链投资量更高。当货主和车主都是对称偏好时, 物流平台对双边用户都是质量偏好情形下的区块链投资量会更高。当不考虑双边用户是对称偏好还是不对称偏好情形时, 物流平台对双边用户都是质量偏好情形下的区块链投资量最高。物流平台对双边用户都是价格偏好的区块链投资量最低。命题五也与实际案例相符, 比如顺丰平台利用区块链技术开发散客“先寄后付”的增值服务, 提高了业务运作效率, 吸引大量用户加入顺丰平台。同时顺丰也在农产品流通领域加大了区块链增值服务的投资量, 建立了农产品溯源体系, 实现了产销过程的透明化, 保障了用户的权益。

4.4.2 价格比较

四种情形下的最优价格如表 4-3 所示:

表 4-3 四种情形的最优价格

情形	价格
PP 情形	$p_{i1}^{PP*} = p_{i2}^{PP*}$
BB 情形	$p_{i1}^{BB*} = p_{i2}^{BB*}$
BP 情形	$p_{i1}^{BP*} = p_{i2}^{BP*}$
PB 情形	$p_{i1}^{PB*} = p_{i2}^{PB*}$

为了直观比较四种情形下的最优价格, 令 $f = t = 1$, 通过比较四种情形下的最优价格得到命题 4.6:

命题 4.6 当 $0 < \alpha_s < \alpha_b < 1$ 时, $p_{i1}^{BB*} = p_{i2}^{BB*} > p_{i1}^{PB*} = p_{i2}^{PB*} > p_{i1}^{BP*} = p_{i2}^{BP*} > p_{i1}^{PP*} = p_{i2}^{PP*}$ 。

命题 4.6 表明当 $0 < \alpha_s < \alpha_b < 1$ 时, 在货主和车主非对称偏好情形时, 物流平台对货主价格偏好, 车主质量偏好情形下收取的价格更高。当货主和车主都是对称偏好时, 物流平台对双边用户都是质量偏好情形下收取的价格会更高。当不考虑双边用户对称偏好还是不对称偏好情形时, 物流平台对双边用户都是质量偏好情形下收取的价格最高。物流平台对双边用户都是价格偏好情形下收取价格最低。

4.4.3 利润比较

四种情形下的最优利润如表 4-4 所示：

表 4-4 四种情形最优利润

情形	利润
PP 情形	$\pi_1^{PP*} = \pi_2^{PP*}$
BB 情形	$\pi_1^{BB*} = \pi_2^{BB*}$
BP 情形	$\pi_1^{BP*} = \pi_2^{BP*}$
PB 情形	$\pi_1^{PB*} = \pi_2^{PB*}$

通过比较可得命题 4.7：

命题 4.7 当 $0 < \gamma < \frac{2fk-2k\alpha_s+2\theta_b\theta_s+\theta_s^2+\sqrt{4k^2(f-\alpha_s)^2-2\theta_b\theta_s^3-\theta_s^4}}{4fk-4k\alpha_s+2\theta_s(\theta_b+\theta_s)}$ 时，

$$\pi_1^{PB*} = \pi_2^{PB*} > \pi_1^{PP*} = \pi_2^{PP*} > \pi_1^{BP*} = \pi_2^{BP*} > \pi_1^{BB*} = \pi_2^{BB*}。$$

命题 4.7 表明当 $0 < \gamma < \frac{2fk-2k\alpha_s+2\theta_b\theta_s+\theta_s^2+\sqrt{4k^2(f-\alpha_s)^2-2\theta_b\theta_s^3-\theta_s^4}}{4fk-4k\alpha_s+2\theta_s(\theta_b+\theta_s)}$ 时，在货主

和车主非对称偏好情形时，物流平台对货主价格偏好，车主质量偏好情形下的利润更高。当货主和车主都是对称偏好情形时，物流平台对双边用户都是价格偏好情形下的利润会更高。当不考虑双边用户是对称偏好还是不对称偏好情形时，物流平台对对货主价格偏好，车主质量偏好情形下的利润最高。物流平台对双边用户都是质量偏好情形下的利润最低。

4.5 数值分析

为了更直观说明四种情形下物流平台区块链增值服务投资与定价策略，本文的参数取值满足前文所述条件，分析某一参数的变化情况时，其他参数保持不变。

当 $k = 1$ ， $\alpha_b = 0.8$ ， $\alpha_s = 0.6$ ， $f = 1$ ， $t = 1$ ， $\theta_b = 0.7$ ， $\theta_s = 0.5$ ， $v = 0.2$ ， $\gamma \in (0.5, 1)$ 时，利用 Matlab 绘制区块链投资量 v_1^* ，最优价格 p_{i1}^* 和最优利润 π_1^* 关于偏好系数 γ 之间的关系，如图 4-1，图 4-2 所示。当 $k = 1$ ， $\alpha_b = 0.8$ ， $\alpha_s = 0.6$ ， $f = 1$ ， $t = 1$ ， $\theta_b = 0.7$ ， $\theta_s = 0.5$ ， $v = 0.2$ ， $\gamma \in (0.5, 0.65)$ 时，利用 Matlab 绘制最优利润 π_1^* 关于偏好系数 γ 之间的关系，如图 4-3 所示：

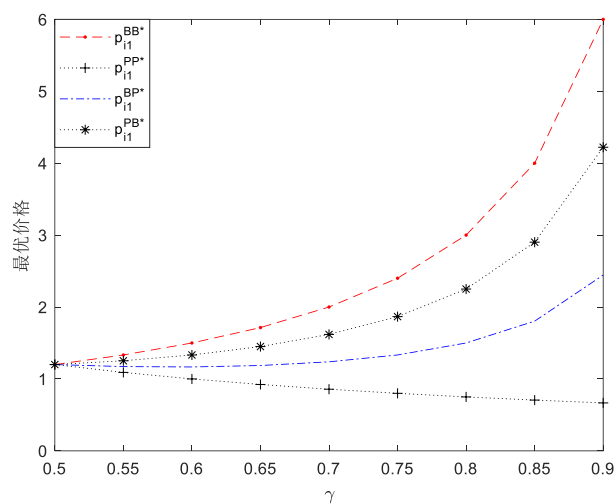


图 4-1 最优价格与偏好程度的关系

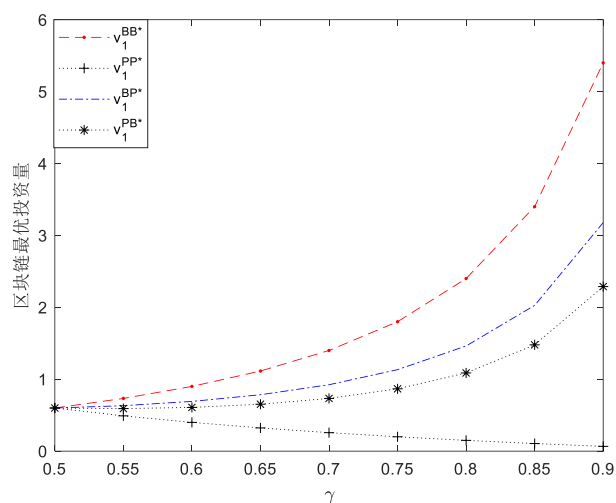


图 4-2 区块链最优投资量与偏好程度关系

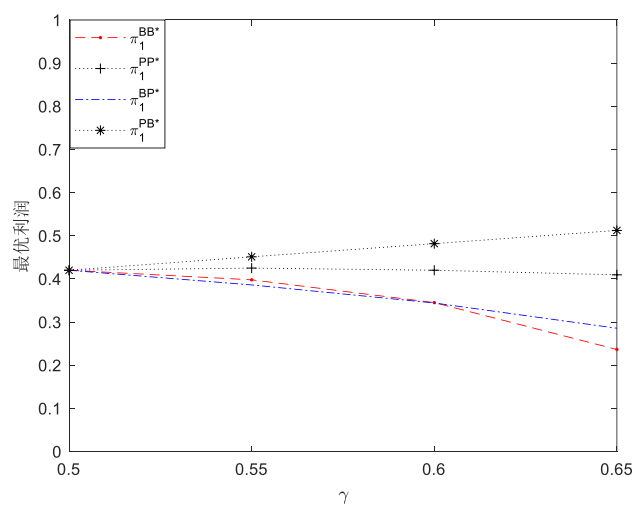


图 4-3 最优利润与偏好程度的关系

由图 4-1 可知当 $\frac{1}{2} < \gamma < 1$ 时, 最优价格与偏好程度呈负相关, 四种情形下物流平台对双边用户都是质量偏好情形下收取的价格最高, 对双边用户都是价格偏好情形下收取价格最低。由图 4-2 可知当 $\frac{1}{2} < \gamma < 1$ 时, 区块链增值服务投资量与偏好程度呈负相关, 四种情形下物流平台对双边用户都是质量偏好情形下的区块链投资量最高, 对双边用户都是价格偏好区块链投资量最低。由图 4-3 可知当 γ 在较小范围内, 最优利润与偏好程度呈负相关, 四种情形下物流平台对对货主价格偏好, 车主质量偏好情形下的利润最高, 对双边用户都是质量偏好情形下的利润最低。在 BB 情形下, 双边用户对质量的偏好程度高于价格, 但是平台的利润却比 PP 情形低, 在 PP 情形下, 双边用户对价格的偏好程度高于质量。因此命题 7 给物流平台的启示是平台需要提高对区块链增值服务的投资水平从而达到提高利润的目的。例如路歌货运平台与蚂蚁区块链平台和金融机构, 投资开发区区块链增值服务, 实现了物流数据上链与业务流程的可信化, 能够达到降低全链路的成本, 提升效率和提高企业利润的目的, 这也与本文的研究结果相佐证。

4.6 本章小结

本文在双边市场理论的基础上, 考虑了物流平台双边用户对区块链增值服务价格或区块链增值服务质量存在偏好时对平台定价策略的影响, 从 BB, PP, BP, PB 情形的四种情形下分析了双寡头竞争型物流平台的区块链增值服务投资和最优定价策略。研究分析表明, 在车主和货主非对称偏好情形时, 物流平台对货主价格偏好, 车主质量偏好情形下收取的价格更高, 在货主质量偏好, 车主价格偏好情形下的区块链投资量更高。当货主和车主都是对称偏好情形时, 物流平台对双边用户都是质量偏好情形下收取的价格和区块链投资量会更高。当不考虑双边用户是对称偏好还是不对称偏好情形时, 物流平台对双边用户都是质量偏好情形下收取的价格和区块链投资量最高。物流平台对双边用户都是价格偏好情形下收取的价格和区块链投资量最低。此外, 在 PB 情形下, 物流平台的利润最高, BB 情形下, 物流平台的利润最低, 物流平台在 BP, PP 情形下的利润位于两者之间。

本章的研究结论对于物流平台具有管理启示意义: (1) 物流平台应该降低货主边服务价格, 提高车主边服务的质量, 从而达到提高企业利润的目的。(2) 当货主服务价格偏好, 车主服务质量偏好时平台利润最高, 因此物流平台因降低货主边服务的价格, 提高车主边服务的质量以达到利润最大化的目的。(3) 当

双边用户都对服务质量偏好时平台利润最低，物流平台要提高对双边用户的服务质量，提升双边用户对服务质量的偏好程度，从而达到提高利润的目的。

第5章 用户偏好下动态竞争型物流平台区块链增值服务投资与定价研究

在第3章和第4章的研究中,前文已就垄断型及静态竞争型物流平台在用户偏好下的区块链增值服务投资与定价策略展开研究。本章将进一步拓展分析维度,聚焦于动态竞争市场环境中,物流平台针对单边用户群体实施区块链增值服务投资时,来对用户偏好下物流平台区块链增值服务投资与定价进行研究。

5.1 问题提出

物流平台作为平台经济的重要组成部分,已成为我国数字经济时代发展的重要动力之一。物流平台发展速度迅猛,但物流平台的服务质量良莠不齐,出现如货款拖欠、虚假信息、物流数据安全保障差等问题,影响物流平台的市场形象和竞争优势。由于区块链技术具有去中心化,防止信息操纵,历史记录可追溯,多点备份等特点,众多物流平台投资区块链增值服务,解决物流征信、物流金融、物流追踪、物流流程优化等方面信任问题,实现降本增效。例如路歌平台利用大数据+区块链技术,打造物流业务全链可信增值服务系统,为车主和货主打造物流全程的安全、透明、可追溯的信用体系;中储智运依托区块链服务开发物流运力共享平台,披露真实、可追溯的物流信息,提高数据可信度。区块链增值服务已成为物流平台建立信用体系的重要利器,为用户提供安全、透明、高效的服务。总体而言,区块链增值服务可分为两个类型。第一类可为单边用户提供更高效用的增值服务,比如区块链溯源服务能为货主提供高效与准确的信息服务,车主决定是否使用其服务;第二类可为双边用户同时提供增值服务,比如区块链金融服务能为车主和货主提供高效的融资服务,车主和货主决定是否使用其服务。本文研究第一类区块链增值服务,只考虑车主是否使用区块链增值服务。物流平台上车主采用区块链增值服务一方面需要考虑区块链增值服务价格,另一方面会担心隐私信息泄露问题,导致物流平台车主对区块链增值服务有不同的偏好。因此车主偏好成为物流平台投资区块链增值服务的重要影响因素。物流平台主要通过采用静态定价或动态定价两种定价策略,来吸引更多车主加入平台,比如京东物流

平台对初期加入平台的车主，以新用户大礼包等多种促销手段降低其价格，中后期平台根据车主规模调整其平台定价；路歌平台采用静态定价策略，即物流平台对初期使用和中后期使用平台的车主均收取相同的平台定价。同时物流平台是典型的双边市场，存在直接网络外部性效应，即物流平台上车主效用随着车主边的规模增大而增大。因此本文在考虑车主对区块链增值服务不同的偏好和平台直接网络效应基础上，探究物流平台区块链增值服务投资策略，比较分析物流平台采用的静态定价与动态定价策略，为物流平台加快推动区块链技术应用落地提供决策参考。

5.2 模型描述与建立

假定市场存在两个相互竞争的物流平台 A 和 B，A 平台为车主投资区块链增值服务，而 B 平台不为车主投资区块链增值服务。本文将平台决策分为两个阶段，第一阶段初期物流平台 A 和 B 的车主规模不大，直接网络效应较小，可忽略不计，即平台增值服务投资与定价决策不考虑网络外部性的影响；第二阶段中后期平台的双边用户具有一定规模，直接网络效应较为显著，也就是说，平台 A 和 B 根据网络外部性与竞争情况，选择第二阶段价格与第一阶段相同（静态价格）或与第一阶段不同（动态价格）。因此物流平台 A，B 可以采用静态定价和动态定价两种定价策略。静态定价下，平台 A，B 在初期和中后期两阶段内收取相同的价格 p_i ，动态定价下，平台 A，B 在初期和中后期两阶段内收取不同的价格，分别为 p_{i1} ， p_{i2} 。如图 5-1 所示，基本假设如下：

（1）物流平台 A 和 B 分别分布在长度为 1 的线性城市 0 和 1 两端，车主均匀分布在线性城市，车主规模均标准化为 1，其中 t （ $0 < t < 1$ ）表示车主到物流平台的单位距离成本， x 为车主到物流平台 A 的距离。

（2）两个物流平台都连接着车主。用 v 表示使用平台的基础效用，由于区块链增值服务可以为车主提供物流溯源等增值服务，令物流平台 A 的区块链增值服务投资量为 v_A ，能为车主的效用增加 $v_A\theta_A$ ，其中 θ_A 为单位区块链增值服务效用增加量。同时，投资区块链增值服务需要付出一定的成本，为 $\frac{kv_A^2}{2}$ [23]。

（3）投资区块链增值服务的物流平台对车主进行收费，货主免费使用区块链增值服务，比如车主需要缴纳物流平台提供的区块链增值服务费，货主则免费使用溯源服务，查询物流追踪信息等。

(4) 平台 A 中的车主对区块链增值服务存在不同的偏好, 因此假设 ξ ($0 < \xi < 1$) 表示车主对区块链增值服务的偏好程度, ξ 越大, 表示车主对区块链增值服务的偏好程度越大, 反之, 则表示其对区块链增值服务的偏好程度越小。

(5) γ ($0 < \gamma < 1$) 表示网络效应的强度^[61], γ 越大, 表示车主的效用随着车主的规模增大而增大。

(6) 参照文献^[19], 一般认为平台前期投入的成本为沉没成本, 因此本文假设物流平台的固定成本为零。

本文研究的模型与符号说明见表 5-1:

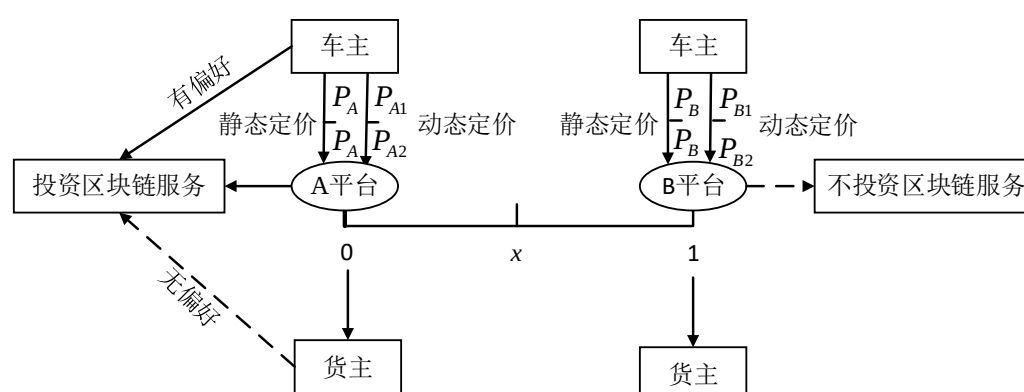


图 5-1 平台定价流程图

表 5-1 参数说明

参数	定义
i, j	$i = A, B; j = 1, 2$
u_{ij}	阶段 j 中车主使用平台 i 的效用函数
Q_{ij}	阶段 j 中平台 i 的车主规模
p_{ij}	平台 i 在阶段 j 收取的价格
γ	网络效应的强度系数
θ_A	每单位区块链增值服务能带来效用的增加量
v_A	区块链增值服务投资量
π_{ij}	平台 i 在 j 阶段的利润函数
ξ	车主对区块链增值服务的偏好程度
v	车主加入平台 i 获得的基础效用
t	车主到物流平台的单位距离成本
x	车主到物流平台的距离
k	区块链增值服务的边际投资成本系数

在第一阶段中, 由于物流平台处在初创阶段, 车主和货主规模较小, 因此

交叉网络外部性效应不明显，忽略不计。根据文献^[49]，车主加入平台 A, B 的效用函数分别为：

$$u_{A1} = v - tx - p_{A1} + \xi v_A \theta_A \quad (5-1)$$

$$u_{B1} = v - t(1 - x) - p_{B1} \quad (5-2)$$

其中 p_{ij} 表示平台 i ($i = A, B$) 在阶段 j ($j = 1, 2$) 的定价， $\xi v_A \theta_A$ 表示平台 A 中的车主对区块链增值服务效用的偏好程度。联立式 (5-1)，(5-2) 可得车主的无差异点位置为 $x = \frac{t - p_{A1} + p_{B1} + \xi v_A \theta_A}{2t}$ ，则由无差异点可知平台 A, B 的第一阶段车主规模分别为：

$$Q_{A1} = \frac{t - p_{A1} + p_{B1} + \xi v_A \theta_A}{2t} \quad (5-3)$$

$$Q_{B1} = \frac{t + p_{A1} - p_{B1} - \xi v_A \theta_A}{2t} \quad (5-4)$$

在第二阶段中，物流平台经过初创阶段积累，已拥有一定车主和货主规模，根据文献^[49]表明，车主使用平台获得的效用随着车主规模增大而增大，即存在直接网络效应，则第二阶段中车主加入平台 A, B 的效用函数分别为：

$$u_{A2} = v - tx - p_{A2} + \gamma Q_{A1} + \xi v_A \theta_A \quad (5-5)$$

$$u_{B2} = v - t(1 - x) - p_{B2} + \gamma Q_{B1} \quad (5-6)$$

联立式 (5-5) (5-6) 可得车主的无差异点位置为 $x = \frac{t - p_{A2} + p_{B2} + \gamma Q_{A1} - \gamma Q_{B1} + \xi v_A \theta_A}{2t}$ ，则由无差异点可知平台 A, B 的第二阶段车主规模分别为：

$$Q_{A2} = \frac{t^2 - \gamma p_{A1} - t p_{A2} + \gamma p_{B1} + t p_{B2} + (t + \gamma) \xi v_A \theta_A}{2t^2} \quad (5-7)$$

$$Q_{B2} = \frac{t^2 + \gamma p_{A1} + t p_{A2} - \gamma p_{B1} - t p_{B2} - (t + \gamma) \xi v_A \theta_A}{2t^2} \quad (5-8)$$

静态定价下物流平台的利润函数分别为：

$$\pi_A = p_A(Q_{A1} + Q_{A2}) - \frac{kv_A^2}{2} \quad (5-9)$$

$$\pi_B = p_B(Q_{B1} + Q_{B2}) \quad (5-10)$$

动态定价下物流平台的第一阶段利润函数为：

$$\pi_{A1} = p_{A1} Q_{A1} - \frac{kv_A^2}{2} \quad (5-11)$$

$$\pi_{B1} = p_{B1} Q_{B1} \quad (5-12)$$

动态定价下物流平台的第二阶段利润函数为：

$$\pi_{A2} = p_{A2}Q_{A2} \quad (5-13)$$

$$\pi_{B2} = p_{B2}Q_{B2} \quad (5-14)$$

动态定价下物流平台的总利润函数为：

$$\pi_A = p_{A1}Q_{A1} + p_{A2}Q_{A2} - \frac{kv_A^2}{2} \quad (5-15)$$

$$\pi_B = p_{B1}Q_{B1} + p_{B2}Q_{B2} \quad (5-16)$$

5.3 模型计算与分析

由于物流平台 A, B 采取静态和动态两种不同的定价策略, 因此本文的决策模型分为四种情形, 物流平台 A, B 都采用静态定价 (SS), 物流平台 A 采用静态定价, 物流平台 B 采用动态定价 (SD), 物流平台 A 采用动态定价, 物流平台 B 采用静态定价 (DS), 物流平台 A, B 都采用动态定价 (DD) 四种情形, 如表 5-2 所示。并分别对四种情形进行比较分析区块链增值服务最优投资量与平台的最优定价和最优利润。

表 5-2 决策矩阵

定价方式	平台 B	
平台 A	(S, S)	(S, D)
	(D, S)	(D, D)

5.3.1 双平台静态定价

在情形 SS 中, 物流平台 A, B 在两阶段中的定价相同, 分别为 p_A , p_B , 该情形下的均衡结果如表 5-3 所示, 具体证明推导过程见附录。

表 5-3 SS 情形的均衡结果

	A	B
p_i^{SS*}	$\frac{12kt^4}{(2t+\gamma)(6kt^2-2t\xi^2\theta_A^2-\gamma\xi^2\theta_A^2)}$	$\frac{4(3kt^4-2t^3\xi^2\theta_A^2-t^2\gamma\xi^2\theta_A^2)}{(2t+\gamma)(6kt^2-2t\xi^2\theta_A^2-\gamma\xi^2\theta_A^2)}$
π_i^{SS*}	$\frac{18k(4kt^6-t^4(2t+\gamma)\xi^2\theta_A^2)}{(2t+\gamma)(-6kt^2+(2t+\gamma)\xi^2\theta_A^2)^2}$	$\frac{8(-3kt^3+t(2t+\gamma)\xi^2\theta_A^2)^2}{(2t+\gamma)(-6kt^2+(2t+\gamma)\xi^2\theta_A^2)^2}$
V_A^{SS*}	$\frac{6t^2\xi\theta_A}{6kt^2-(2t+\gamma)\xi^2\theta_A^2}$	

为探究车主偏好程度和网络效应强度的变化对区块链增值服务最优投资量与平台最优定价和最优利润的影响, 依据上述计算结果得到推论 5.1:

推论 5.1 在情形 SS 下：

- ① 当 $\sqrt{\frac{3kt^2}{(2t+\gamma)\theta_A^2}} < \xi < 1$ 时, $\frac{\partial P_A^{SS*}}{\partial \gamma} > 0$, $0 < \xi < \sqrt{\frac{3kt^2}{(2t+\gamma)\theta_A^2}}$ 时, $\frac{\partial P_A^{SS*}}{\partial \gamma} < 0$; $\frac{\partial P_A^{SS*}}{\partial \xi} > 0$; 当 $\sqrt{\frac{6kt^2}{(2t+\gamma)\theta_A^2}} < \xi < 1$ 时, $\frac{\partial P_B^{SS*}}{\partial \gamma} < 0$, $0 < \xi < \sqrt{\frac{6kt^2}{(2t+\gamma)\theta_A^2}}$ 时, $\frac{\partial P_B^{SS*}}{\partial \gamma} > 0$; $\frac{\partial P_B^{SS*}}{\partial \xi} < 0$; $\frac{\partial V_A^{SS*}}{\partial \gamma} > 0$; $\frac{\partial V_A^{SS*}}{\partial \xi} > 0$ 。
- ② 当 $\sqrt{\frac{6kt^2}{(2t+\gamma)\theta_A^2}} < \xi < 1$ 时, $\frac{\partial \pi_A^{SS*}}{\partial \gamma} > 0$, $0 < \xi < \sqrt{\frac{6kt^2}{(2t+\gamma)\theta_A^2}}$ 时, $\frac{\partial \pi_A^{SS*}}{\partial \gamma} < 0$; 当 $\frac{6kt^2 - 2t\xi^2\theta_A^2}{\xi^2\theta_A^2} < \gamma < 1$ 时, $\frac{\partial \pi_A^{SS*}}{\partial \xi} > 0$, $0 < \gamma < \frac{6kt^2 - 2t\xi^2\theta_A^2}{\xi^2\theta_A^2}$ 时, $\frac{\partial \pi_A^{SS*}}{\partial \xi} < 0$; 当 $\sqrt{\frac{3kt^2}{(2t+\gamma)\theta_A^2}} < \xi < 1$ 时, $\frac{\partial \pi_B^{SS*}}{\partial \gamma} > 0$, $0 < \xi < \sqrt{\frac{3kt^2}{(2t+\gamma)\theta_A^2}}$ 时, $\frac{\partial \pi_B^{SS*}}{\partial \gamma} < 0$; 当 $0 < k < \frac{2\xi^2\theta_b^2}{3t}$, $0 < \gamma < 1$ 时, $\frac{\partial \pi_B^{SS*}}{\partial \xi} > 0$, $\frac{2\xi^2\theta_b^2}{3t} < k < 1$ 时, $\frac{\partial \pi_B^{SS*}}{\partial \xi} < 0$ 。

推论 5.1 的结论①表明当车主偏好程度较大时，平台 A 的两阶段最优定价随着网络效应强度的增大而增高，反之则会降低；平台 A 的两阶段最优定价随着车主偏好程度的增大而降低；当车主偏好程度较大时，平台 B 的两阶段最优定价随着网络效应强度的增大而降低，反之则会增高；平台 B 的两阶段最优定价随着车主偏好程度的增大而降低；平台 A 的最优区块链投资量会随着车主偏好程度和网络效应强度的增大而增大。

结论②表明当车主偏好强度较大时，平台 A, B 的最优利润都随着网络效应强度的增大而变大，反之则会减小；当网络效应强度较大时，平台 A, B 的最优利润都随着车主偏好程度的增大而变大，反之则会减小。

为进一步分析物流平台在 SS 情形下，车主偏好程度对平台最优定价、投资量和利润的影响，分别取 $\gamma = 0.6$, $t = 0.9$, $\theta_A = 0.7$, $k = 0.6$, $\xi \in [0, 1]$, 并绘图比较可得图 5-2 和图 5-3:

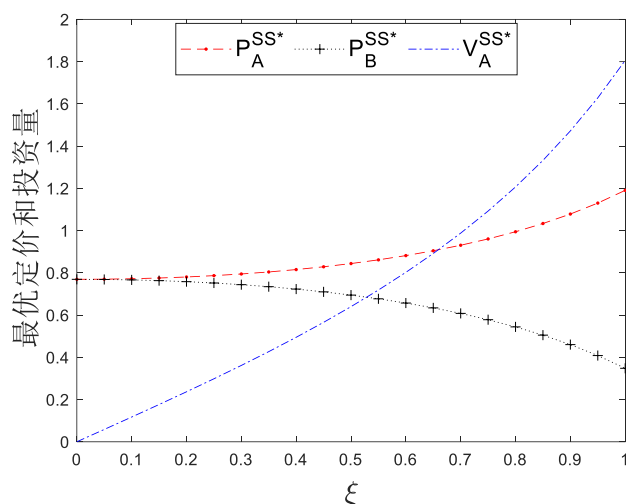


图 5-2 车主偏好程度与最优定价和投资量的关系

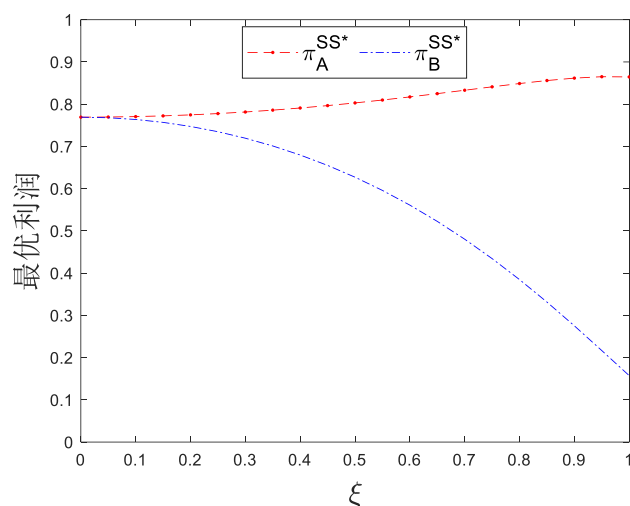


图 5-3 车主偏好程度与最优利润的关系

由图 5-2 可知，在 SS 情形下，平台 A 在两阶段内的最优定价和区块链增值服务最优投资量都随着车主偏好程度的增大而变高，而平台 B 在两阶段内的最优定价则随着车主偏好程度的增大而降低，并且在两阶段内，平台 A 的最优定价一直比平台 B 的最优定价高。由图 5-3 可知，平台 A 的最优利润随着车主偏好程度的增大而变大，而平台 B 的最优利润则随着车主偏好程度的增大而减小，且平台 A 的最优利润一直比平台 B 的最优利润大。因此上述结论给物流平台的启示是平台需要提高车主对区块链增值服务的偏好程度从而达到提高利润的目的。例如路歌货运平台与蚂蚁区块链平台投资开发区块链增值服务，实现了物流数据上链与业务流程的可信化，吸引大量车主加入，降低了全链路的成本，提升效率和提高企业利润，而对于不投资区块链增值服务的物流平台，车主加入意愿

较低，车主规模较小，平台利润则会相应减少，这也与本文的研究结果相佐证。

5.3.2 单平台静态定价或单平台动态定价

5.3.2.1 物流平台 A 采用静态定价，物流平台 B 采用动态定价（SD）

在情形 SD 中，平台 A 在两阶段中的定价相同，为 p_A ，平台 B 在两阶段中的定价不同，分别为 p_{B1} ， p_{B2} ，该情形下的均衡结果在表 5-4 中给出：

表 5-4 SD 情形的均衡结果

	A	B
P_{i1}^{SD*}	$\frac{6kt^2(2t-\gamma)}{-n-(3t+\gamma)\xi^2\theta_A^2}$	$\frac{-3\gamma+tm}{2}$
P_{i2}^{SD*}	$\frac{6kt^2(2t-\gamma)}{-n-(3t+\gamma)\xi^2\theta_A^2}$	$\frac{tm}{2}$
π_i^{SD*}	$\frac{9k(-2t+\gamma)^2(3t+\gamma)(8kt^2-(3t+\gamma)\xi^2\theta_A^2)}{8n+(3t+\gamma)\xi^2\theta_A^2}$	$\frac{y}{(8(2t+\gamma)n+(3t+\gamma)\xi^2\theta_A^2)}$
V_A^{SD*}	$\frac{3(2t-\gamma)(3t+\gamma)\xi\theta_A}{-2n-2(3t+\gamma)\xi^2\theta_A^2}$	

其中 $m = 3 + \frac{2t}{2t+\gamma} + \frac{3k(-6t^2+t\gamma+\gamma^2)}{k(10t^2-t\gamma-\gamma^2)-(3t+\gamma)\xi^2\theta_A^2}$ ， $n = k(-10t^2+t\gamma+\gamma^2)$ ， $y = (4k^2t^2(484t^4 - 44t^3\gamma - 139t^2\gamma^2 + 8t\gamma^3 + 7\gamma^4) - 2k(3t+\gamma)(352t^4 - 16t^3\gamma - 94t^2\gamma^2 + 3t\gamma^3 + 3\gamma^4)\xi^2\theta_A^2 + (3t+\gamma)^2(64t^2 - 15\gamma^2)\xi^4\theta_A^4)$

为探究车主偏好程度和网络效应强度的变化对区块链增值服务最优投资量与平台最优定价和最优利润的影响，依据上述计算结果得到推论 5.2：

推论 5.2 在情形 SD 下：

① 当 $\sqrt{\frac{8kt^2-4kt\gamma+k\gamma^2}{5t\theta_A^2}} < \xi < 1$ 时， $\frac{\partial P_A^{SD*}}{\partial \gamma} > 0$ ， $0 < \xi < \sqrt{\frac{8kt^2-4kt\gamma+k\gamma^2}{5t\theta_A^2}}$ 时， $\frac{\partial P_A^{SD*}}{\partial \gamma} < 0$ ；当 $0 < \gamma < 2t$ ， $\frac{\partial P_A^{SD*}}{\partial \xi} > 0$ ，当 $2t < \gamma < 1$ ， $\frac{\partial P_A^{SD*}}{\partial \xi} < 0$ ；当 $\frac{3t\theta_A^2+\gamma\theta_A^2}{10t^2-t\gamma-\gamma^2} < k < 1$ 时， $\frac{\partial P_{B1}^{SD*}}{\partial \xi} > 0$ ， $0 < k < \frac{3t\theta_A^2+\gamma\theta_A^2}{10t^2-t\gamma-\gamma^2}$ 时， $\frac{\partial P_{B1}^{SD*}}{\partial \xi} < 0$ ；当 $0 < t < \frac{\gamma}{2}$ 时， $\frac{\partial P_{B2}^{SD*}}{\partial \xi} > 0$ ，当 $\frac{\gamma}{2} < t < 1$ 时， $\frac{\partial P_{B2}^{SD*}}{\partial \xi} < 0$ ； $\frac{\partial V_A^{SD*}}{\partial \gamma} < 0$ ；当 $0 < k \leq \frac{-3t\theta_A^2-\gamma\theta_A^2}{10t^2-t\gamma-\gamma^2}$ ， $0 < \xi < \sqrt{\frac{-10kt^2+kt\gamma+k\gamma^2}{(3t+\gamma)\theta_A^2}}$ 时， $\frac{\partial V_A^{SD*}}{\partial \xi} > 0$ ， $\frac{-3t\theta_A^2-\gamma\theta_A^2}{10t^2-t\gamma-\gamma^2} < k$ ， $\sqrt{\frac{-10kt^2+kt\gamma+k\gamma^2}{(3t+\gamma)\theta_A^2}} < \xi < 1$ 时， $\frac{\partial V_A^{SD*}}{\partial \xi} < 0$ 。

② 当 $0 < k < \frac{\xi^2\theta_A^2+3t\xi^2\theta_A^2}{-1-t+10t^2}$ ， $\frac{-kt-\xi^2\theta_A^2}{2k} + \frac{1}{2}\sqrt{\frac{41k^2t^2-10kt\xi^2\theta_A^2+\xi^4\theta_A^4}{k^2}} < \gamma < 1$ 时，

$$\frac{\partial \pi_A^{SD*}}{\partial \xi} < 0, \quad \frac{\xi^2 \theta_A^2 + 3t\xi^2 \theta_A^2}{-1-t+10t^2} < k < 1, \quad 0 < \gamma < \frac{-kt - \xi^2 \theta_A^2}{2k} + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{41k^2 t^2 - 10kt\xi^2 \theta_A^2 + \xi^4 \theta_A^4}{k^2}} \text{ 时,}$$

$$\frac{\partial \pi_A^{SD*}}{\partial \xi} > 0;$$

推论 5.2 的结论①表明当车主偏好程度较大时，平台 A 的两阶段最优定价随着网络效应强度的增大而增高，反之则会降低；平台 A 的两阶段最优定价随着车主偏好程度的增大而增高；当区块链增值服务边际投资成本系数较大时，平台 B 的第一阶段最优定价随着车主偏好程度的增大而增高，反之则会降低；平台 B 的第二阶段最优定价随着车主偏好程度的增大而增高；平台 A 的区块链增值服务最优投资量随着网络效应强度的增大而减小。当区块链技术边际投资成本系数和车主偏好程度较小时，平台 A 的区块链增值服务最优投资量随着车主偏好程度的增大而增大，反之则会减小。

结论②表明当区块链增值服务边际投资成本系数较小，网络效应强度较大时，平台 A 的最优利润随着车主偏好程度的增大而减小，反之则会增大。

为进一步分析物流平台在 SD 情形下，车主偏好程度对平台最优定价、投资量和利润的影响，参数采用与 5.3.1 节的相同取值并绘图可得图 5-4 和图 5-5：

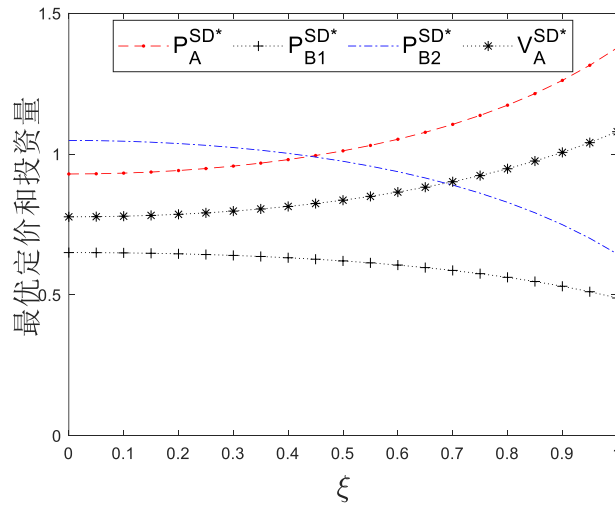


图 5-4 车主偏好程度与最优定价和投资量的关系

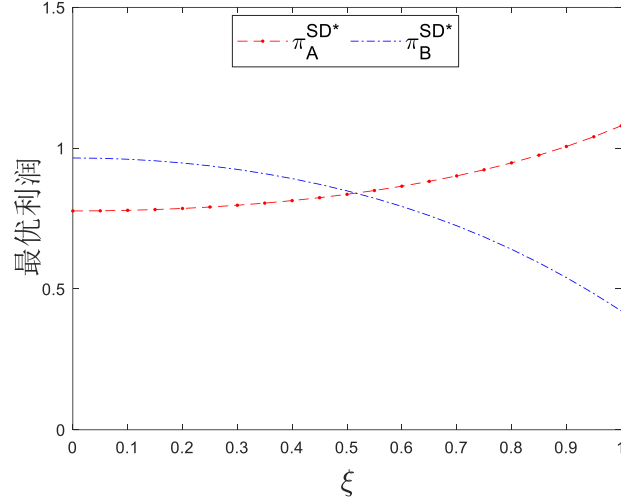


图 5-5 车主偏好程度与最优利润的关系

由图 5-4 可知，在 SD 情形下，平台 A 在两阶段内的最优定价，区块链增值服务最优投资量和平台 B 在第二阶段的最优定价都随着车主偏好程度的增大而增高，而平台 B 在第一阶段的最优定价则随着车主偏好程度的增大而降低，且平台 B 在第二阶段内的最优定价始终比第一阶段内的最优定价更高。由图 5-5 可知，平台 A、B 的最优利润分别随着车主偏好程度的增大而增加和减小，在车主偏好程度小于一定阈值时，平台 B 的最优利润比平台 A 的最优利润更大，当车主偏好程度大于一定阈值时，平台 B 的最优利润比平台 A 的最优利润更小。

5.3.2.2 物流平台 A 采用动态定价，物流平台 B 采用静态定价（DS）

在情形 DS 中，平台 B 在两阶段中的定价相同，为 p_B ，平台 A 在两阶段中的定价不同，分别为 p_{A1} ， p_{A2} ，该情形下的均衡结果在表 5-5 中给出：

表 5-5 DS 情形的均衡结果

	A	B
p_{i1}^{DS*}	$\frac{1}{2} \left(\frac{\gamma(t+\gamma)}{2t+\gamma} + \frac{k(22t^3 - 23t^2\gamma + \gamma^3)}{-n - (3t+\gamma)\xi^2\theta_A^2} \right)$	$\frac{2t^2(6kt - 3k\gamma - 4\xi^2\theta_A^2)}{-n - (3t+\gamma)\xi^2\theta_A^2}$
p_{i2}^{DS*}	$\frac{1}{2} \left(-\frac{t\gamma}{2t+\gamma} + \frac{kt(22t^2 - t\gamma - \gamma^2)}{-n - (3t+\gamma)\xi^2\theta_A^2} \right)$	$\frac{2t^2(6kt - 3k\gamma - 4\xi^2\theta_A^2)}{-n - (3t+\gamma)\xi^2\theta_A^2}$
π_i^{DS*}	$\frac{z}{(8(2t+\gamma)n + (3t+\gamma)\xi^2\theta_A^2)^2}$	$\frac{t^2(3t+\gamma)(3k(-2t+\gamma) + 4\xi^2\theta_A^2)^2}{n - (3t+\gamma)\xi^2\theta_A^2}$
V_A^{DS*}		$\frac{(22t^2 - t\gamma - \gamma^2)\xi\theta_A}{-2n - 2(3t+\gamma)\xi^2\theta_A^2}$

其中 $z = (4k^2t^2(484t^4 - 44t^3\gamma - 139t^2\gamma^2 + 8t\gamma^3 + 7\gamma^4) + k(-968t^5 - 396t^4\gamma + 70t^3\gamma^2 + 25t^2\gamma^3 + 4t\gamma^4 + \gamma^5)\xi^2\theta_A^2 + \gamma^2(3t+\gamma)^2\xi^4\theta_A^4)$

为探究车主偏好程度和网络效应强度的变化对区块链增值服务最优投资量与平台最优定价和最优利润的影响，依据上述计算结果得到推论 5.3。

推论 5.3 在情形 DS 下：

① 当 $-\frac{t}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{89t^2} < \gamma < 1$ 时， $\frac{\partial P_B^{DS*}}{\partial \xi} > 0$ ， $\frac{\partial P_{A1}^{DS*}}{\partial \xi} > 0$ ， $0 < \gamma < -\frac{t}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{89t^2}$ 时， $\frac{\partial P_B^{DS*}}{\partial \xi} < 0$ ， $\frac{\partial P_{A1}^{DS*}}{\partial \xi} < 0$ ；当 $-\frac{t}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{89t^2} < \gamma < 1$ 时， $\frac{\partial P_{A2}^{DS*}}{\partial \xi} < 0$ ， $0 < \gamma < -\frac{t}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{89t^2}$ 时， $\frac{\partial P_{A2}^{DS*}}{\partial \xi} > 0$ ； $\frac{\partial V_A^{DS*}}{\partial \gamma} > 0$ ；

② 当 $0 < k < \frac{3t\theta_A^2 + \gamma\theta_A^2}{10t^2 - t\gamma - \gamma^2}$ ， $0 < \xi < \sqrt{\frac{10kt^2 - kt\gamma - k\gamma^2}{(3t + \gamma)\theta_A^2}}$ 时， $\frac{\partial \pi_B^{DS*}}{\partial \xi} > 0$ ， $\frac{3t\theta_A^2 + \gamma\theta_A^2}{10t^2 - t\gamma - \gamma^2} < k < 1$ ， $\sqrt{\frac{10kt^2 - kt\gamma - k\gamma^2}{(3t + \gamma)\theta_A^2}} < \xi < 1$ 时， $\frac{\partial \pi_B^{DS*}}{\partial \xi} < 0$ 。

推论 5.3 的结论①表明当网络效应强度较大时，平台 B 的两阶段最优定价和平台 A 的第一阶段最优定价都会随着车主偏好程度的增大而增高，反之则都会降低；当网络效应强度较大时，平台 A 的第二阶段最优定价随着车主偏好程度的增大而降低，反之则会增高；平台 A 的区块链增值服务最优投资量随着网络效应强度的增大而增大。

结论②表明当区块链增值服务边际投资成本系数和车主偏好程度较小时，平台 B 的最优利润随着车主偏好程度的增大而增大，反之则会减小。

为进一步分析物流平台在 DS 情形下，车主偏好程度对平台最优定价、投资量和利润的影响，参数采用与 5.3.1 节的相同取值并绘图可得图 5-6 和图 5-7：

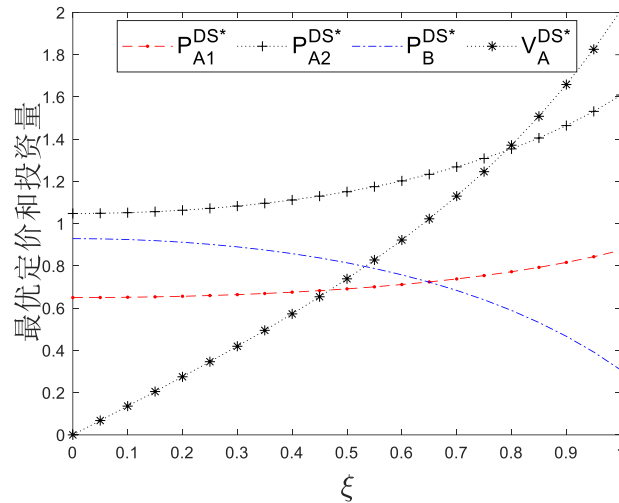


图 5-6 车主偏好程度与最优定价和投资量的关系

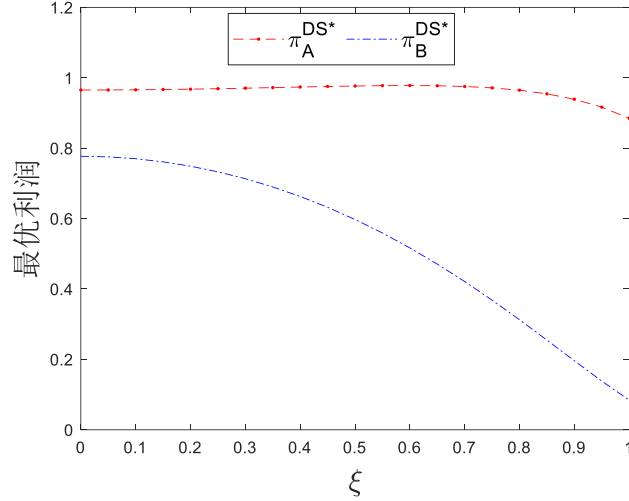


图 5-7 车主偏好程度与最优利润的关系

由图 5-6 可知，在 DS 情形下，平台 A 在两阶段内的最优定价和区块链增值服务最优投资量都随着车主偏好程度的增大而增高，而平台 B 在两阶段内的最优定价则随着车主偏好程度的增大而降低；当车主偏好程度小于一定阈值时，平台 A 第一阶段最优定价最低，而第二阶段最优定价最高，当车主偏好程度大于一定阈值时，平台 A 在第二阶段内的最优定价最高，而平台 B 在两阶段内的定价则最低。由图 5-7 可知，平台 A、B 的最优利润都随着车主偏好程度的增大而减小，且平台 A 的最优利润始终比平台 B 的最优利润更大。

5.3.3 双平台动态定价

在情形 DD 中，平台 A、B 在两阶段中的定价不同，分别为 p_{A1} ， p_{A2} ， p_{B1} ， p_{B2} ，该情形下的均衡结果在表 5-6 中给出：

表 5-6 DD 情形的均衡结果

	A	B
P_{i1}^{DD*}	$\frac{\vartheta + 2\gamma(t + \gamma)\xi^2\theta_b^2}{l}$	$\frac{\vartheta + 2(-45t^2 + 11t\gamma + 11\gamma^2)\xi^2\theta_b^2}{l}$
P_{i2}^{DD*}	$\frac{t(54kt^2 - 8k\gamma^2 - \gamma\xi^2\theta_b^2)}{h}$	$\frac{t(k(54t^2 - 8\gamma^2) - (30t + 11\gamma)\xi^2\theta_b^2)}{h}$
π_i^{DD*}	$\frac{c}{\varrho}$	$\frac{w}{\varrho}$
V_A^{DD*}	$\frac{5(27t^2 - 4\gamma^2)\xi\theta_b}{l}$	

其中 $h = k(54t^2 - 8\gamma^2) - 3(5t + 2\gamma)\xi^2\theta_b^2$ ， $l = 6k(27t^2 - 4\gamma^2) - 9(5t +$

$$2\gamma)\xi^2\theta_b^2, \varrho = 18(k(-54t^2 + 8\gamma^2) + 3(5t + 2\gamma)\xi^2\theta_b^2)^2, \vartheta = 2k(3t - 2\gamma)(27t^2 - 4\gamma^2), w = (24k^2(3t - \gamma)(27t^2 - 4\gamma^2)^2 - 4k(3t - \gamma)(180t + 71\gamma)(27t^2 - 4\gamma^2)\xi^2\theta_b^2 + (16200t^3 + 7380t^2\gamma - 1727t\gamma^2 - 836\gamma^3)\xi^4\theta_b^4), c = 24k^2(3t - \gamma)(27t^2 - 4\gamma^2)^2 - k(675t^2 + 12t\gamma - 104\gamma^2)(27t^2 - 4\gamma^2)\xi^2\theta_b^2 + \gamma^2(13t + 4\gamma)\xi^4\theta_b^4\varrho.$$

为探究车主偏好程度和网络效应强度的变化对区块链增值服务最优投资量与平台最优定价和最优利润的影响, 依据上述计算结果得到推论 5.4:

推论 5.4 在情形 DD 下:

$$\textcircled{1} \text{ 当 } 0 < t < \frac{2}{3\sqrt{3}}, 0 < \gamma < -\frac{t}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{19t^2} \text{ 时, } \frac{\partial P_{A1}^{DD*}}{\partial \xi} > 0, \frac{\partial P_{B1}^{DD*}}{\partial \xi} > 0, \text{ 当 } \frac{2}{3\sqrt{3}} < t < 1, -\frac{t}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{19t^2} < \gamma < 1 \text{ 时, } \frac{\partial P_{A1}^{DD*}}{\partial \xi} < 0, \frac{\partial P_{B1}^{DD*}}{\partial \xi} < 0; \frac{\partial P_{A2}^{DD*}}{\partial \gamma} > 0; \text{ 当 } 0 < t \leq \frac{2}{3\sqrt{3}}, 0 < \gamma < \frac{3}{2}\sqrt{3t^2} \text{ 时, } \frac{\partial P_{A2}^{DD*}}{\partial \xi} > 0, \frac{\partial P_{B2}^{DD*}}{\partial \xi} < 0, \frac{\partial V_A^{DD*}}{\partial \xi} > 0; \text{ 当 } \frac{2}{3\sqrt{3}} < t \leq 1, \frac{3}{2}\sqrt{3t^2} < \gamma < 1 \text{ 时, } \frac{\partial P_{A2}^{DD*}}{\partial \xi} < 0, \frac{\partial P_{B2}^{DD*}}{\partial \xi} > 0, \frac{\partial V_A^{DD*}}{\partial \xi} < 0; \frac{\partial P_{B2}^{DD*}}{\partial \gamma} < 0; \frac{\partial V_A^{DD*}}{\partial \gamma} > 0.$$

推论 5.4 的结论①表明当车主到物流平台的单位距离成本和网络效应强度都小于一定阈值时, 平台 A, B 的第一阶段最优定价都随着车主偏好程度的增大而增高, 平台 A 的第二阶段最优定价和最优区块链投资量也随着车主偏好程度的增大而增高, 而平台 B 的第二阶段最优定价则随着车主偏好程度的增大而降低。当车主到物流平台的单位距离成本和网络效应强度都大于一定阈值时, 平台 A, B 的第一阶段最优定价都随着车主偏好程度的增大而降低, 平台 A 的第二阶段最优定价和最优区块链投资量野随着车主偏好程度的增大而降低, 而平台 B 的第二阶段最优定价则随着车主偏好程度的增大而增高。平台 A 的第二阶段最优定价和最优区块链投资量都随着网络效应强度的增大而增高, 而平台 B 的第二阶段最优定价则随着网络效应强度的增大而降低。

为进一步分析物流平台在 DD 情形下, 车主偏好程度对平台最优定价、投资量和利润的影响, 参数采用与 5.3.1 节的相同取值并绘图可得图 5-8 和图 5-9:

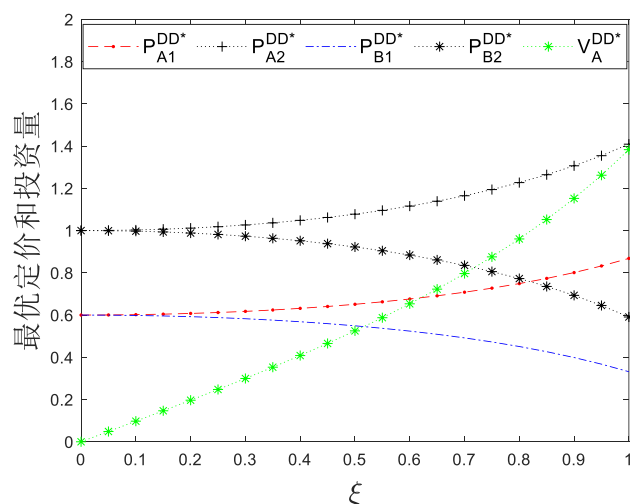


图 5-8 车主偏好程度与最优定价和投资量的关系

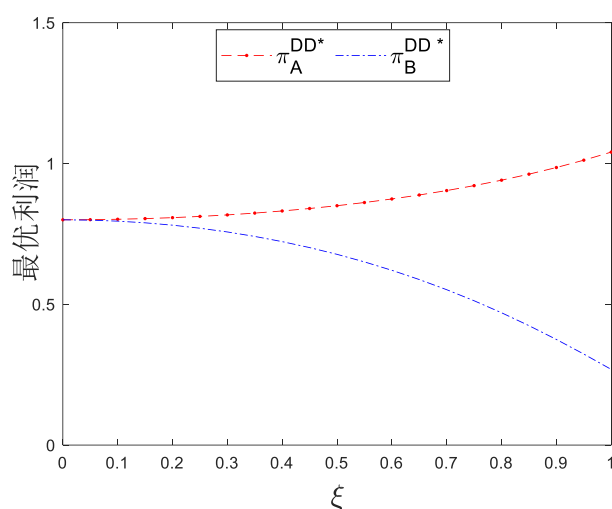


图 5-9 车主偏好程度与最优利润的关系

由图 5-8 可知，在 DD 情形下，平台 A 在两阶段内的最优定价和区块链增值服务最优投资量都随着车主偏好程度的增大而增高，而平台 B 在两阶段内的最优定价则与其相反。平台 A 在第一阶段内和第二阶段的最优定价都比平台 B 在第一阶段和第二阶段的最优定价更高。由图 5-9 可知，平台 A 的最优利润随着车主偏好程度的增大而增大，而平台 B 的最优利润则随着车主偏好程度的增大而减小。上述结论也与实际案例相符，比如顺丰平台利用区块链技术开发散客“先寄后付”的增值服务，提高了业务运作效率，吸引大量车主加入顺丰平台，提高了平台的利润，而中创物流平台没有投资区块链增值服务，车主加入平台意愿不高，据中创物流 2023 年第三季报显示，平台主营收入同比下降 44.82%。可见，投资区块链增值服务的物流平台在吸引车主加入方面更有优势。

5.4 比较分析

5.4.1 价格比较

四种情形下物流平台 A, B 的两阶段最优定价都在第 5.3 节中给出, 通过比较可得推论 5.5:

推论 5.5 ① SS 情形下, $P_{A1}^{SS*} = P_{A2}^{SS*}$, $P_{B1}^{SS*} = P_{B2}^{SS*}$ 。

② SD 情形下, $P_{A1}^{SD*} = P_{A2}^{SD*}$, 当 $0 < k < \frac{3t\theta_A^2 + \gamma\theta_A^2}{4t^2}$, $\sqrt{\frac{2kt^2}{(3t+\gamma)\theta_A^2}} < \xi < 1$ 时, $P_{B2}^{SD*} > P_{B1}^{SD*}$, 当 $\frac{3t\theta_A^2 + \gamma\theta_A^2}{4t^2} < k < 1$, $0 < \xi < \sqrt{\frac{2kt^2}{(3t+\gamma)\theta_A^2}}$ 时, $P_{B2}^{SD*} < P_{B1}^{SD*}$ 。

③ DS 情形下, $P_{B1}^{DS*} = P_{B2}^{DS*}$, 当 $0 < k < \frac{3t\theta_A^2 + \gamma\theta_A^2}{10t^2 - t\gamma - \gamma^2}$, $0 < \xi < \sqrt{\frac{10kt^2 - kt\gamma - k\gamma^2}{(3t+\gamma)\theta_A^2}}$ 时, $P_{A2}^{DS*} > P_{A1}^{DS*}$,

$\frac{3t\theta_A^2 + \gamma\theta_A^2}{10t^2 - t\gamma - \gamma^2} < k < 1$, $\sqrt{\frac{10kt^2 - kt\gamma - k\gamma^2}{(3t+\gamma)\theta_A^2}} < \xi < 1$ 时, $P_{A2}^{DS*} < P_{A1}^{DS*}$ 。

④ DD 情形下, $\frac{5t\theta_b^2 + 2\gamma\theta_b^2}{108t^2 - 16\gamma^2} \leq k < 1$, $0 < \xi < \sqrt{\frac{54kt^2 - 8k\gamma^2}{(15t+6\gamma)\theta_b^2}}$ 时, $P_{A2}^{DD*} > P_{A1}^{DD*}$, $0 < k < \frac{5t\theta_b^2 + 2\gamma\theta_b^2}{108t^2 - 16\gamma^2}$, $\sqrt{\frac{54kt^2 - 8k\gamma^2}{(15t+6\gamma)\theta_b^2}} < \xi < 1$ 时, $P_{A2}^{DD*} < P_{A1}^{DD*}$;

当 $\frac{15t\theta_b^2 + 6\gamma\theta_b^2}{54t^2 - 8\gamma^2} \leq k < 1$, $0 < \xi < \sqrt{\frac{54kt^2 - 8k\gamma^2}{(55t+22\gamma)\theta_b^2}}$ 时, $P_{B2}^{DD*} > P_{B1}^{DD*}$, $0 < k < \frac{15t\theta_b^2 + 6\gamma\theta_b^2}{54t^2 - 8\gamma^2}$, $\sqrt{\frac{54kt^2 - 8k\gamma^2}{(55t+22\gamma)\theta_b^2}} < \xi < 1$ 时, $P_{B2}^{DD*} < P_{B1}^{DD*}$ 。

对于上述分析结果, 为了更好的观察, 在表 5-7 中总结出车主偏好程度对物流平台两阶段最优定价的影响, 如下所示:

表 5-7 车主偏好程度对两阶段最优定价的影响

	SS	SD	DS	DD
A	$P_{A1}^{SS*} = P_{A2}^{SS*}$	$P_{A1}^{SD*} = P_{A2}^{SD*}$	$\xi \downarrow, P_{A2}^{DS*} \uparrow; \xi \uparrow, P_{A1}^{DS*} \uparrow$	$\xi \downarrow, P_{A2}^{DD*} \uparrow; \xi \uparrow, P_{A1}^{DD*} \uparrow$
B	$P_{B1}^{SS*} = P_{B2}^{SS*}$	$\xi \downarrow, P_{B1}^{SD*} \uparrow; \xi \uparrow, P_{B2}^{SD*} \uparrow$	$P_{B1}^{DS*} = P_{B2}^{DS*}$	$\xi \downarrow, P_{B2}^{DD*} \uparrow; \xi \uparrow, P_{B1}^{DD*} \uparrow$

由上表可知, 当平台都采用静态定价时, 其两阶段最优定价相同。在平台 A 采用静态定价, 平台 B 采用动态定价情形下, 当车主偏好程度较小时, 平台 B 的

第一阶段最优定价更高；当车主偏好程度较大时，平台 B 的第二阶段最优定价更高。

在平台 A 采用动态定价，平台 B 采用静态定价情形下，当车主偏好程度较小时，平台 A 的第二阶段最优定价更高；当车主偏好程度较大时，平台 A 的第一阶段最优定价更高。在平台都采用动态定价情形下，当车主偏好程度较小时，平台 A 的第二阶段最优定价更高；当车主偏好程度较大时，平台 A 的第一阶段最优定价更高；当车主偏好程度较小时，平台 B 的第二阶段最优定价更高；当车主偏好程度较大时，平台 B 的第一阶段最优定价更高。

为了比较分析四种情形下，车主偏好程度对平台两阶段最优定价的影响，分别取 $\gamma = 0.6$, $t = 0.9$, $\theta_A = 0.7$, $k = 0.6$, $\xi \in [0, 1]$ ，并利用 matlab 绘图比较可得图 5-10，图 5-11，图 5-12，图 5-13：

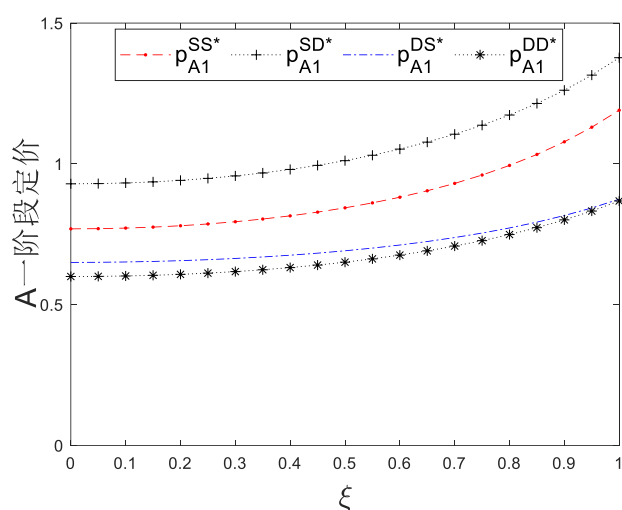


图 5-10 平台 A 第一阶段定价与车主偏好程度的关系

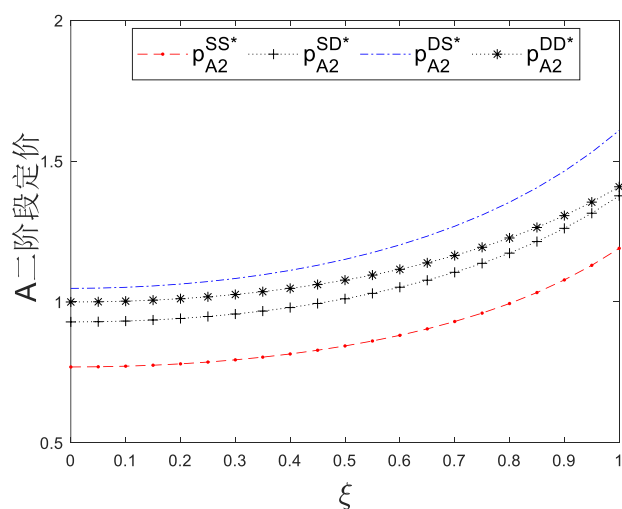


图 5-11 平台 A 第二阶段定价与车主偏好程度的关系

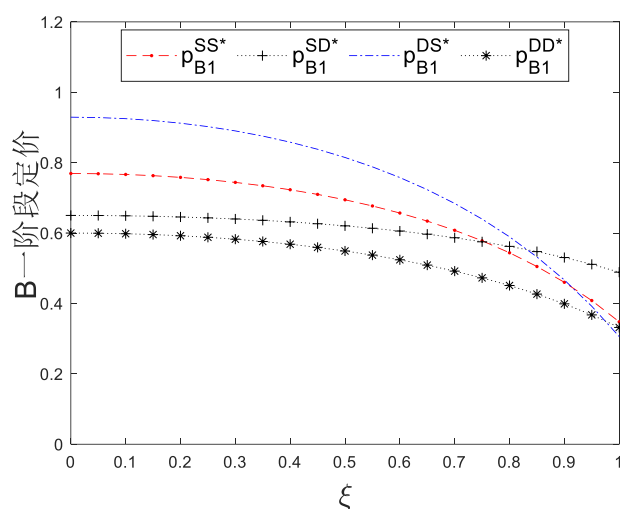


图 5-12 平台 B 第一阶段定价与车主偏好程度的关系

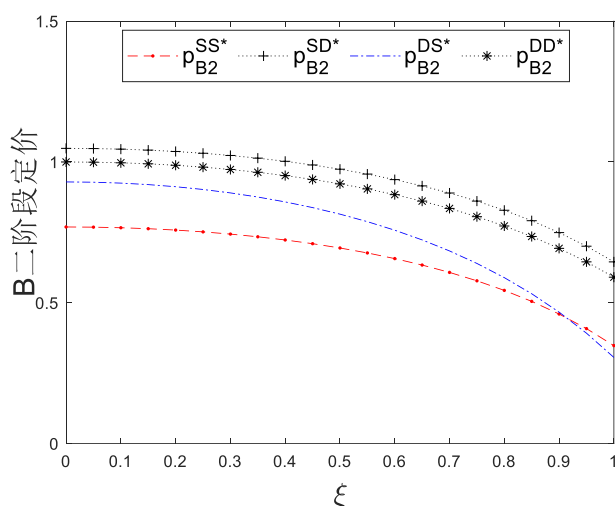


图 5-13 平台 B 第二阶段定价与车主偏好程度的关系

由图 5-10, 图 5-11 可知, 在四种情形下, 平台 A 的两阶段最优定价都随着车主偏好程度的增大而增高。第一阶段内, 在平台 A 采用静态定价, 平台 B 采用动态定价情形下, 平台 A 的第一阶段最优定价最高。第二阶段内, 在平台 A 采用动态定价, 平台 B 采用静态定价情形下, 平台 A 的第二阶段最优定价最高。

由图 5-12, 图 5-13 可知, 在四种情形下, 平台 B 的两阶段最优定价都随着车主偏好程度的增大而降低; 第一阶段内, 当车主偏好程度小于一定阈值时, 在平台 A 采用动态定价, 平台 B 采用静态定价情形下, 平台 B 的第一阶段最优定价最高; 当车主偏好程度大于一定阈值时, 在平台 A 采用静态定价, 平台 B 采用动态定价情形下, 平台 B 的第一阶段最优定价最高。第二阶段内, 在平台 A 采用

静态定价，平台 B 采用动态定价情形下，平台 B 的第二阶段定价最高。

5.4.2 利润比较

本文欲比较四种情形下平台的最优利润差来判断物流平台是选择静态定价还是动态定价，由于分析的复杂性，对其进行数值模拟，分别取 $\gamma = 0.6$, $t = 0.9$, $\theta_A = 0.7$, $k = 0.6$, $\xi \in [0, 1]$ ，以探究车主偏好程度对物流平台如何选择定价策略的影响，如图 5-14 所示：

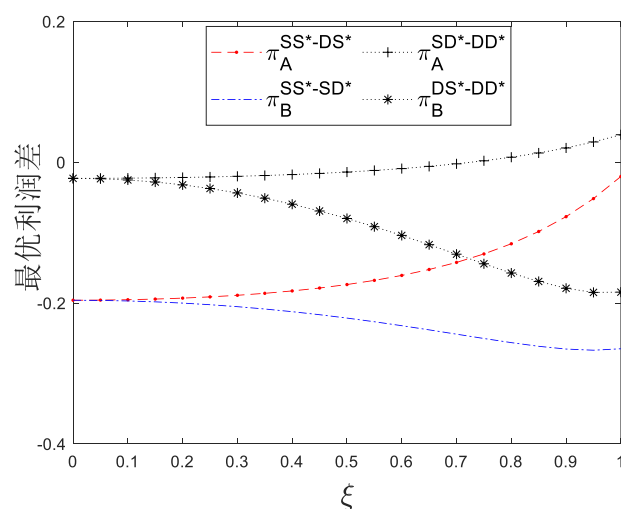


图 5-14 最优利润差与车主偏好程度的关系

由图 5-14 可知，对于平台 A 来说，当平台 B 采用静态定价时，平台 A 采用静态定价的最优利润始终小于采用动态定价下的最优利润；当平台 B 采用动态定价时，随着用户偏好程度的增大，平台 A 采用静态定价的最优利润会大于采用动态定价下的最优利润。对于平台 B 来说，当平台 A 采用静态定价时，平台 B 采用静态定价的最优利润始终小于采用动态定价下的最优利润；当平台 A 采用动态定价时，平台 B 采用静态定价的最优利润始终小于采用动态定价的最优利润。

为了比较分析四种情形下，车主偏好程度对平台的最优利润的影响，分别取 $\gamma = 0.6$, $t = 0.9$, $\theta_A = 0.7$, $k = 0.6$, $\xi \in [0, 1]$ ，并利用 Matlab 绘图比较可得图 5-15，图 5-16：

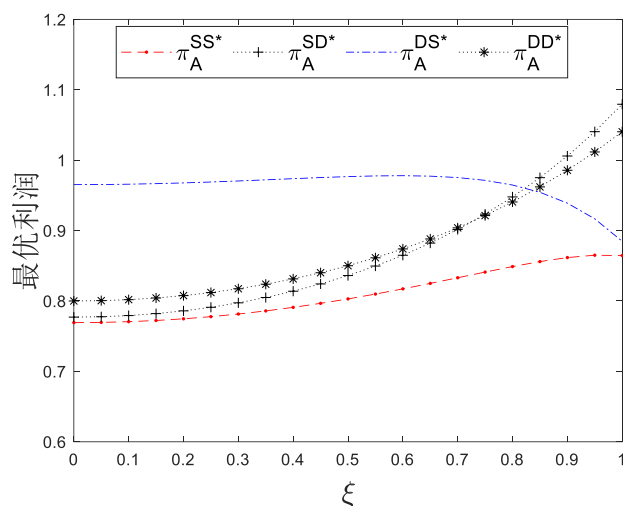


图 5-15 平台 A 最优利润与车主偏好程度的关系

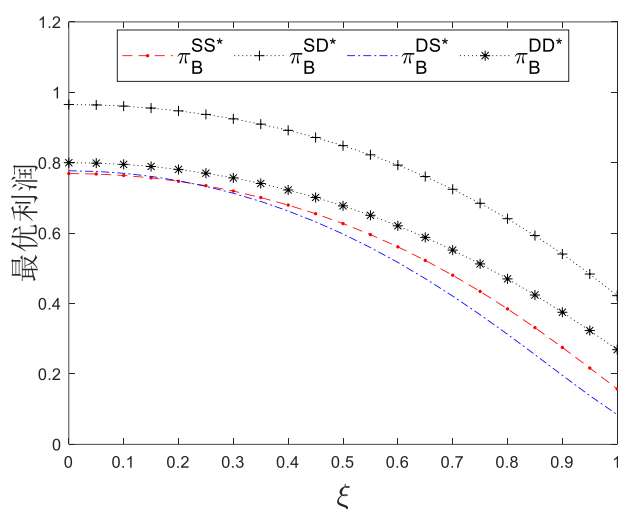


图 5-16 平台 B 最优利润与车主偏好程度的关系

由图 5-15 可知，在平台 A 采用动态定价，平台 B 采用静态定价情形下，平台 A 的最优利润随着车主偏好程度的增大而减小，而其他情形下的最优利润随着车主偏好程度的增大而增大；当车主偏好程度较小时，平台 A 的最优利润在平台 A 采用动态定价，平台 B 采用静态定价情形下最大；当车主偏好程度较大时，平台 A 的最优利润在平台 A 采用静态定价，平台 B 采用动态定价情形下最大；在平台都采用静态定价情形下平台 A 的最优利润最小。

由图 5-16 可知，在四种情形下，平台 B 的最优利润都随着车主偏好程度的增大而减小，平台 B 的最优利润在平台 A 采用静态定价，平台 B 采用动态定价情形下最大，在平台 A 采用动态定价，平台 B 采用静态定价情形下最小。

5.4.3 区块链投资量比较

为了解析问题分析的结果，本文对其进行数值模拟，分别取 $\gamma = 0.6$ ， $t = 0.9$ ， $\theta_A = 0.7$ ， $k = 0.6$ ， $\xi \in [0, 1]$ ，以探究车主偏好程度对平台 A 的区块链增值服务最优投资量大小变化的影响，如图 5-17 所示：

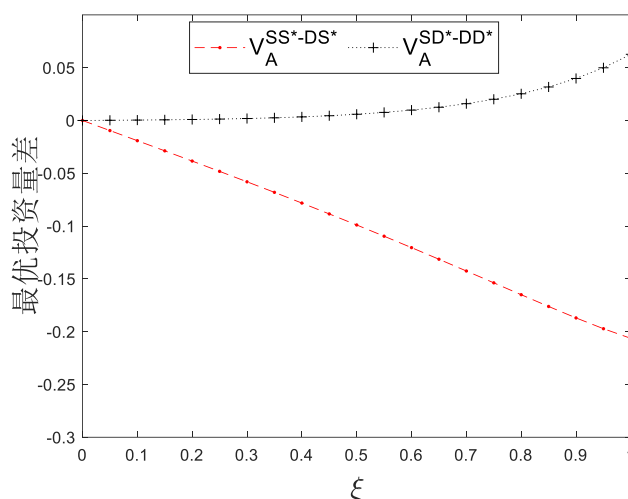


图 5-17 最优投资量差与车主偏好程度的关系

由图 5-17 可知，当平台 B 采用静态定价时，平台 A 在采用静态定价时的区块链增值服务最优投资量始终小于采用动态定价时的区块链增值服务最优投资量。当平台 B 采用动态定价时，平台 A 在采用静态定价时的区块链增值服务最优投资量大于采用动态定价时的区块链增值服务最优投资量，但两种情形下区块链增值服务最优投资量较为接近；且随着车主偏好程度的增大，二种定价策略下的区块链增值服务最优投资量的差值也越来越大。

为了比较分析四种情形下，车主偏好程度对平台的区块链增值服务最优投资量的影响，分别取 $\gamma = 0.6$ ， $t = 0.9$ ， $\theta_A = 0.7$ ， $k = 0.6$ ， $\xi \in [0, 1]$ ，并利用 matlab 绘图比较可得图 5-18：

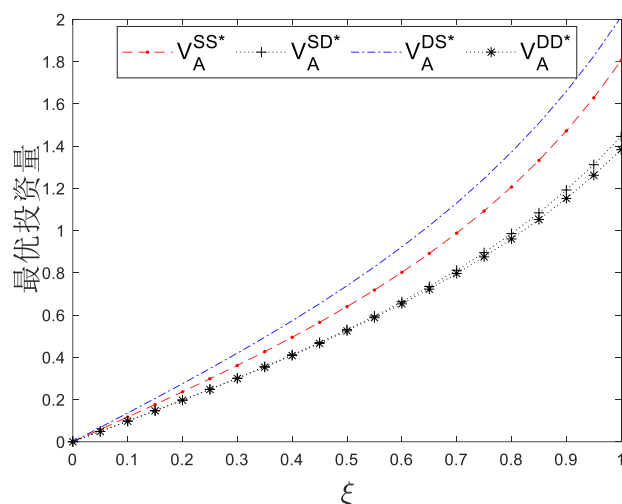


图 5-18 最优投资量与车主偏好程度的关系

由图 5-18 可知，在四种情形下，平台 A 对区块链增值服务最优投资量都随着车主偏好程度的增大而增大，平台 A 的区块链增值服务最优投资量在平台 A 采用动态定价，平台 B 采用静态定价情形下最大，在平台都采用动态定价情形下最小，当平台 A 采用静态定价，平台 B 采用动态定价和平台都采用动态定价时两者的区块链增值服务最优投资量极为接近。上述结论也与实际情况相佐证，车主对区块链增值服务越偏好，物流平台对区块链增值服务投资量越大，区块链技术能够解决物流平台在数字征信方面的问题，因此物流平台会加大对区块链增值服务的投资量。例如路歌平台利用大数据+区块链技术，打造物流业务全链可信增值服务系统，提升了用户的信任度，同时路歌建立了可追溯的信用数字体系，确保了交易双方和银行之间能够通过开放、透明、安全的方式来实现信息的共享。

5.5 本章小结

本章以两个相互竞争的物流平台为研究对象，在考虑车主对区块链增值服务存在不同偏好的基础上，从双边市场角度出发，分别比较物流平台的静态定价与动态定价优劣，并探究物流平台区块链增值服务投资与定价策略。研究表明，物流平台区块链增值服务最优投资量与平台的最优定价和最优利润均与车主偏好程度息息相关。静态定价下，投资区块链增值服务的物流平台两阶段平台最优定价相同，动态定价下，当增值服务边际投资成本在一定阈值内时，投资区块链增值服务的物流平台第一阶段最优定价随着车主偏好程度增大而增高，投资区块链增值服务的物流平台第二阶段最优定价随着车主偏好程度减小而增高。在投资区

块链增值服务的物流平台采用静态定价,不投资区块链增值服务的物流平台采用动态定价时,投资区块链增值服务的物流平台的第一阶段最优定价更高。当投资区块链增值服务的物流平台采用动态定价,不投资区块链增值服务的物流平台采用静态定价时,投资区块链增值服务的物流平台的第二阶段最优定价更高。当车主对区块链增值服务的偏好程度小于一定阈值时,投资区块链增值服务平台的最优利润在其采用动态定价,不投资区块链增值服务的平台采用静态定价情形下最大;当车主对区块链增值服务的偏好程度大于一定阈值时,投资区块链增值服务平台的最优利润在其采用静态定价,不投资区块链增值服务的平台采用动态定价情形下最大。当投资区块链增值服务的物流平台采用动态定价,不投资区块链增值服务的物流平台采用静态定价时,平台对区块链增值服务的投资量更高。

本章的研究结论对于物流平台具有重要的管理启示:(1)物流平台应采取补贴等措施提高车主对区块链增值服务的偏好程度,从而对区块链增值服务进行投资来吸引车主的加入,借此提高物流平台的利润。(2)投资区块链增值服务的物流平台应谨慎采用动态定价。当不投资区块链增值服务的物流平台采用静态定价时,投资区块链增值服务的物流平台采用动态定价时利润更高,当不投资区块链增值服务的物流平台采用动态定价时,投资区块链增值服务的物流平台采用动态定价和静态定价时的最优利润会根据车主偏好程度大小发生变化。(3)物流平台应优先于竞争对手投资区块链增值服务,因为投资区块链增值服务的物流平台的利润随着车主偏好程度的增大而提高,而不投资区块链增值服务的物流平台则相反。

第6章 全文总结与展望

6.1 结论总结

随着互联网技术与平台经济的蓬勃兴起,物流平台已成为平台经济中的重要组成部分,其发展态势迅猛。然而,在快速发展的过程中,物流平台面临着诸如虚假信息、虚信用缺失、货款拖欠等一系列痛点与难题。为了提升自身的服务质量和增强竞争优势,众多物流平台纷纷投资于区块链增值服务。然而在实际应用中,用户在选择加入物流平台时,由于担忧需要支付区块链增值服务费用或担心隐私泄露等问题,从而对区块链增值服务产出不同程度偏好。因此本文在考虑用户偏好的基础上,研究了垄断市场、静态竞争市场和动态竞争市场中的物流平台区块链增值服务投资与定价策略研究,以期物流平台的发展竞争提供一些理论参考。

首先本文以垄断市场为研究对象,以一个供应商和物流平台组成的平台供应链为研究对象,在考虑货主具有信息溯源偏好的基础上,探讨批发与代理两种平台模式下区块链增值服务投资与定价问题。研究表明:在平台区块链投资成本分担比例、服务佣金率与区块链增值服务的边际投资成本系数都处于一定阈值范围时,无论批发还是代理模式,当货主偏好程度小于一定阈值时,双方共同投资区块链增值服务情形下占优。当货主偏好程度大于一定阈值时,供应商投资区块链增值服务情形下占优。批发和代理模式下,当平台区块链投资成本分担比例、服务佣金率与货主偏好程度都处于一定阈值范围时,最优销售价格和区块链增值服务最优投资量均随着货主偏好程度的增大而增大。

其次本文以静态竞争市场为研究对象,考虑到平台双边用户对区块链增值服务质量 and 价格具有不同类型偏好,将其车主与货主划分为区块链增值服务质量偏好和价格偏好两种类型,分别探讨车主与货主存在不同类型显著性偏好情形下物流平台区块链增值服务投资与定价策略。研究表明,在货主和车主非对称偏好情形时,物流平台对货主价格偏好,车主质量偏好情形下的定价和利润更高,在货主质量偏好,车主价格偏好情形下的区块链增值服务投资量更高。当货主和车主

都是对称偏好情形时，物流平台对双边用户都是质量偏好情形下的定价和区块链增值服务投资量会更高，在双边用户都是价格偏好情形下的利润更高。

最后本文以动态竞争市场为研究对象，在考虑车主对区块链增值服务存在不同程度偏好的基础上，建立物流平台区块链增值服务投资决策的 Hotelling 模型，并比较分析物流平台的静态定价与动态定价优劣。研究表明，物流平台区块链增值服务的最优投资量、平台最优定价和最优利润均受到不同程度车主偏好的影响。静态定价下，投资区块链增值服务的物流平台两阶段最优定价相同，动态定价下，当增值服务边际投资成本在一定阈值内时，投资区块链增值服务的物流平台第一阶段最优定价随着车主偏好程度增大而增高，投资区块链增值服务的物流平台的第二阶段最优定价随着车主偏好程度减小而增高。当车主偏好程度小于一定阈值时，投资区块链增值服务的物流平台采用动态定价占优，当车主偏好程度大于一定阈值时，投资区块链增值服务的物流平台采用静态定价占优。

6.2 研究展望

本文以物流平台为研究对象，分别研究了垄断、静态竞争、动态竞争市场情形下物流平台的区块链增值服务投资与定价决策问题，本文研究取得了一些成果，为物流平台运营管理提供了有益的理论指导与实践借鉴。但受现阶段研究条件及外部约束限制，本文研究仍存在若干局限性：

（1）本文研究已就不同市场环境下的物流平台增值服务优化问题展开系统性探讨，但在竞争情景分析中仅聚焦于双寡头市场结构，后续研究可进一步拓展至多寡头竞争框架，以增强理论模型的普适性与现实解释力。。

（2）本文研究集中探讨了物流平台区块链增值服务领域的投资与定价问题，但尚未涉及其他类型的服务投资范畴。后续研究可拓展至物流平台多元化服务投资领域，以构建更全面的理论体系。

（3）本文研究已就双边用户呈现正网络外部性特征的平台投资决策机制展开分析，但物流平台双边用户间亦可能存在负网络外部性效应，因此后续研究可拓展至负网络外部性情境下的平台投资决策问题。

参考文献

- [1] 刘露, 李勇建, 姜涛. 基于区块链信用传递功能的供应链融资策略[J]. 系统工程理论与实践, 2021, 41(05): 1179-1196.
- [2] Julia H .Blockchain Technology and Intellectual Property – A Basic Introduction[J]. International Journal of Cryptocurrency Research,2021,1(1):5-25.
- [3] De Giovanni P. Blockchain and smart contracts in supply chain management: A game theoretic model[J]. International Journal of Production Economics, 2020, 228: 107-855.
- [4] Salience and Consumer Choice[J].Journal of Political Economy,2013,121(5):803-843.
- [5] 赵娜, 官振中. 显著性理论下基于价格-质量竞争的定价策略选择[J]. 运筹与管理, 2020,29(11): 186-195.
- [6] 范昊雯, 张玉林. 竞争平台用户数据授权与定价策略选择及福利分析[J/OL]. 管理工程学报, 1-17.
- [7] 李亚东, 鲜春兰, 官振中. 双重行为偏好下供应商主导型供应链决策与协调研究[J]. 管理工程学报, 2021, 35(03): 181-194.
- [8] 陈燕婷, 李登峰. 考虑托运人信息偏好的航运物流区块链平台和船公司合作与竞争的策略分析[J/OL]. 中国管理科学, 1-12[2025-03-18].<https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2022.2337>.
- [9] 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.
- [10] 李媛, 赵道致. 考虑公平偏好的低碳化供应链契约协调研究[J]. 管理工程学报, 2015, 29(01): 156-161.
- [11] 周礼南, 周根贵, 郑健壮, 等. 考虑消费者异质性偏好的定制绿色农产品供应链均衡研究[J/OL]. 中国管理科学, 1-14[2025-03-18]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2023.1162>.
- [12] 葛泽慧, 李新宇, 王道平, 等. 消费者低碳偏好信息不对称下供应链减排策略研究[J]. 系统科学与数学, 2024,44(04): 896-918.

- [13] 薛梅. 消费者具有信息溯源偏好下的区块链成本分担机制探究[J]. 淮北师范大学学报(哲学社会科学版), 2022, 43(02): 71-76.
- [14] Haitao Cui T, Raju J S, Zhang Z J. Fairness and channel coordination[J]. Management science, 2007, 53(8): 1303-1314.
- [15] Caliskan-Demirag O, Chen Y F, Li J. Channel coordination under fairness concerns and nonlinear demand[J]. European Journal of Operational Research, 2010, 207(3): 1321-1326.
- [16] Katok E, Olsen T, Pavlov V. Wholesale pricing under mild and privately known concerns for fairness[J]. Production and Operations Management, 2014, 23(2): 285-302.
- [17] 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(9): 1382-1391.
- [18] Hou R, Li L, Lin X, et al. Pricing strategy for logistics service platforms with competition and user distance preference[J]. International Transactions in Operational Research, 2021, 28(6): 3437-3469.
- [19] 潘小军. 基于消费者显著性偏好的双边平台转换成本和定价策略研究[J]. 中国管理科学, 2021, 29(11): 45-54.
- [20] 邓爱民, 陶宝, 马莹莹. 网络购物顾客忠诚度影响因素的实证研究[J]. 中国管理科学, 2014, 22(6): 94-102.
- [21] Wu P, Yu T, Du J B, et al. Research on Modeling User's Preference in the Steel E-trading Platform[J]. Applied Mechanics and Materials, 2015, 74(03): 687-691.
- [22] 伍洛熠, 赵娜, 苏远东, 等. 张红宇. 个人偏好与网络外部性影响下双寡头零售商的最优产品策略研究[J]. 软科学, 2020, 34(10): 140-144.
- [23] Dou G, Lin X, Chi R, et al. Pricing strategy of a two-sided platform under consumer categorization[J]. Journal of Electronic Commerce Research, 2020, 21(2): 130-143.
- [24] RV S H, Varshney S, Venugopal P, et al. Understanding consumer preference between bundled and unbundled green offering [J]. Journal of Nonprofit & Public Sector Marketing, 2022, 34(5): 527-552.
- [25] 苏嘉玮, 牟宗玉, 夏燕菲, 等. 区块链技术下平台供应链的绿色产品销售和信息披露决策研究[J]. 物流科技, 2024, 47(04): 110-263.
- [26] 丁振华, 牟宗玉, 阮龙杰. 区块链技术下平台供应链绿色产品销售与融资成

- 本研究[J]. 青岛大学学报(自然科学版), 2024, 37(02): 98-105.
- [27] 赵慧达, 刘家国, 王军进, 等. 考虑区块链技术投资的港航供应链决策研究[J]. 管理工程学报, 2022, 36(06): 117-128.
- [28] 张令荣, 彭博, 程春琪. 基于区块链技术的低碳供应链政府补贴策略研究[J]. 中国管理科学, 2023, 31(10): 49-60.
- [29] 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.
- [30] 王道平, 董汉玺, 张可. 区块链技术驱动下考虑减排积极性的动态低碳供应链微分博弈[J]. 系统科学与数学, 2024, 44(05): 1412-1431.
- [31] 王道平, 朱梦影, 董汉玺. 资金约束下基于区块链技术的供应链运营决策研究[J/OL]. 中国管理科学, 1-13[2025-03-18]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.Issn1003-207x.2023.0216>.
- [32] 楼永, 常宇星, 郝凤霞. 区块链技术对供应链金融的影响——基于三方博弈、动态演化博弈的视角[J]. 中国管理科学, 2022, 30(12): 352-360.
- [33] 赵毅, 徐春明, 吴晨晨, 等. 区块链溯源下考虑顾客体验的供应链链际竞争策略研究[J/OL]. 系统科学与数学, 1-19[2025-03-18]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2019.O1.20240606.1307.008.html>.
- [34] 苏秦, 张文博. 供应链质量信息共享与区块链授权策略[J]. 中国管理科学, 2024, 32(03): 324-334.
- [35] Pournader M, Shi Y, Seuring S, et al. Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature [J]. International Journal of Production Research, 2020, 58(7): 2063-2081.
- [36] Koh L, Dolgui A, Sarkis J. Blockchain in transport and logistics—paradigms and transitions[J]. International Journal of Production Research, 2020, 58(7): 2054-2062.
- [37] Dubey R, Gunasekaran A, Bryde D J, et al. Blockchain technology for enhancing swift-trust, collaboration and resilience within a humanitarian supply chain setting [J]. International journal of Production research, 2020, 58(11): 3381-3398.
- [38] Niu B, Dong J, Dai Z, et al. Market expansion vs. intensified competition: Overseas supplier's adoption of blockchain in a cross-border agricultural supply chain [J]. Electronic Commerce Research and Applications, 2022, 51: 101-113.
- [39] Alkhudary R, Queiroz M M, Fénies P. Mitigating the risk of specific supply chain

- disruptions through blockchain technology[C]//Supply Chain Forum: An International Journal. Taylor & Francis, 2024, 25(1): 1-11.
- [40] Zhou L Q, Li Z H. Application of blockchain in supply chain finance[J]. China CIO News, 2016 (7): 49-51.
- [41] Surucu-Balci E, Iris Ç, Balci G. Digital information in maritime supply chains with blockchain and cloud platforms: Supply chain capabilities, barriers, and research opportunities[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2024, 198: 122-978.
- [42] Xu W, Yan W, Song B, et al. Blockchain adoption and strategic contracting in a green supply chain considering market segmentation[J]. Industrial Management & Data Systems, 2023, 123(10): 2704-2732.
- [43] Cao Y, Yi C, Wan G, et al. An analysis on the role of blockchain-based platforms in agricultural supply chains[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2022, 163: 102731.
- [44] Wang Y. Research on supply chain financial risk assessment based on blockchain and fuzzy neural networks[J]. Wireless Communications and Mobile Computing, 2021, 2021: 1-8.
- [45] 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.
- [46] Ni L, Irannezhad E. Performance analysis of LogisticChain: A blockchain platform for maritime logistics[J]. Computers in Industry, 2024, 15(4): 104-138.
- [47] Wu J, Yu J, Wang X. Platform information sharing and selling contract strategies with blockchain adoption[J]. Computers & industrial engineering, 2023, 18(3): 109-506.
- [48] 张小静, 张玉林. 考虑用户参与价值创造的共享平台定价策略研究[J]. 管理学报, 2023, 20(09): 1361-1369.
- [49] 纪汉霖, 管锡展. 纵向一体化结构下的双边市场定价策略[J]. 系统工程理论与实践, 2008(09): 52-58.
- [50] Li P, Mei S, Zhong W. Fee or subsidy? Pricing strategies for digital content platforms with different content and advertising[J]. Managerial and Decision Economics, 2023, 44(8): 4482-4506.
- [51] Zhang T, Li P, Wang N. Multi-period price competition of blockchain-technology-supported and traditional platforms under network effect[J]. International Journal

- of Production Research, 2023, 61(11): 3829-3843.
- [52] Guo Q, Zhao P, Cheng S, et al. Two-period price competition of second-hand product platforms with or without blockchain under different supply and demand levels[J]. Computers & Industrial Engineering, 2023, 17(08): 109-131.
- [53] 王文杰, 陈颖, 蒋帅杰. 考虑平台竞争的众包物流社会配送服务最优定价策略[J]. 运筹与管理, 2020, 29(10): 11-20.
- [54] 孙中苗, 徐琪. 随机需求下考虑不同竞争情形的网约车平台动态定价[J]. 中国管理科学, 2021, 29(01): 138-148.
- [55] Jena S K, Ghadge A. Price competition in ride-sharing platforms: A duopoly supply chain perspective[J]. Computers & Industrial Engineering, 2023, 183: 109-507.
- [56] Zhuang L. Price competition strategy of internet platforms[J]. International Journal of Design & Nature and Ecodynamics, 2015, 10(4).
- [57] 赵菊, 王艳, 曹宗宏, 等. 考虑组内网络外部性和消费者多归属行为的网络通信平台定价策略[J]. 中国管理科学, 2022, 30(7): 276-286.
- [58] 唐方成, 郭欢. 考虑交叉网络外部性下平台竞争的定价策略研究[J/OL]. 中国管理科学. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.0703>
- [59] 张轩, 陈宏民, 赵丹. 考虑需求端和产出端不确定性的服务平台定价和商业模式研究[J]. 中国管理科学, 2020, 28(12): 130-139.
- [60] 陈斐然, 朱道立. 基于多边市场理论的自媒体平台广告定价与服务投资策略研究[J]. 软科学, 2020, 34(10): 117-124.
- [61] Rochet J C, Tirole J. Platform competition in two-sided markets [J]. Journal of the european economic association, 2003, 1(4): 990-1029.
- [62] Armstrong M. Competition in Two-Sided Markets[J]. RAND Journal of Economics, 2006, 37: 668-691.
- [63] Rochet, Jan J, Tirole. Cooperation among Competitors: Some Economics of Payment Card Associations[J]. RAND Journal of Economics, 2002, 33(4): 549-570.
- [64] Duan Y, Liu P, Feng Y. Pricing strategies of two-sided platforms considering privacy concerns[J]. Journal of Retailing and Consumer Services, 2022, 64: 102781.
- [65] 曹裕, 李想, 李青松. 双边市场下网约车平台聚合策略选择研究[J/OL]. 中国管理科学, 1-17[2025-03-18]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2022>.

1105.

- [66] 卢珂, 周晶, 林小围. 考虑交叉网络外部性的网约车平台市场定价研究[J]. 运筹与管理, 2019, 28(07): 169-178.
- [67] 陈山, 段岳林, 苏加福, 等. 考虑用户多归属的共享制造云平台定价及补贴策略研究[J]. 计算机集成制造系统, 2023, 29(09): 3100-3110.
- [68] 桂云苗, 程静, 龚本刚. 动态竞争下网络货运平台信息策略与定价研究[J]. 系统科学与数学, 2021, 41(10): 2892-2905.
- [69] Belleflamme P, Toulemonde E. Who benefits from increased competition among sellers on B2C platforms?[J]. Research in Economics, 2016, 70(4): 741-751.
- [70] Bakos Y, Halaburda H. Platform competition with multihoming on both sides: Subsidize or not?[J]. Management Science, 2020, 66(12): 5599-5607.
- [71] 陈翼, 孙晓曼, 张宁, 等. 数智驱动营销下企业网络平台供应链的绿色产品营销策略研究[J]. 中国管理科学, 2024, 32(05): 81-92.
- [72] Sun C, Zhang Z, Xia L, et al. Implications of selling format on product innovation in platform supply chains under asymmetric information[J]. Computers & Industrial Engineering, 2023, 183: 109-532.
- [73] Zhou L, Fan T, Yang J, et al. Monopolistic vs. Competitive supply chain concerning selection of the platform selling mode in three power structures[J]. Sustainability, 2022, 14(17): 110-160.
- [74] Liu W, Yan X, 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: 101-914.
- [75] 李响, 王美琪, 郭畅. 考虑实体店服务水平的双渠道供应链决策优化研究[J]. 管理学报, 2024, 21(08): 1217-1226.
- [76] 汪和平, 严啸宸, 赵丹, 等. 考虑风险规避和搭便车的多渠道供应链定价决策研究[J]. 运筹与管理, 2023, 32(10): 76-82.
- [77] Zhang Q, Mantin B, Chen H. On selling format choice and quality differentiation in dual-channel supply chains[J]. Managerial and Decision Economics, 2023, 44(6): 3308-3324.

附录

对第四章 DD 型最优结果推导：

把 (3), (4) 式代入 (7), (8) 式得平台 A, B 第二阶段车主规模分别为：

$$Q_{A2}^{DD*} = \frac{t^2 - \gamma p_{A1} - t p_{A2} + \gamma p_{B1} + t p_{B2} + (t + \gamma) \xi v_b \theta_b}{2t^2} \quad (17)$$

$$Q_{B2}^{DD*} = \frac{t^2 + \gamma p_{A1} + t p_{A2} - \gamma p_{B1} - t p_{B2} - (t + \gamma) \xi v_b \theta_b}{2t^2} \quad (18)$$

把 (17), (18) 式代入 (13), (14) 式并对 p_{A2} , p_{B2} 求偏导可得一阶条件为：

$$\frac{\partial P_{A2}^{DD*}}{\partial \xi} = -\frac{p_{A2}}{2t} + \frac{t^2 - \gamma p_{A1} - t p_{A2} + \gamma p_{B1} + t p_{B2} + (t + \gamma) \xi v_b \theta_b}{2t^2} \quad (19)$$

$$\frac{\partial P_{B2}^{DD*}}{\partial \xi} = -\frac{p_{B2}}{2t} + \frac{t^2 + \gamma p_{A1} + t p_{A2} - \gamma p_{B1} - t p_{B2} - (t + \gamma) \xi v_b \theta_b}{2t^2} \quad (20)$$

联合求解式 (19), (20) 可得平台 A, B 第二阶段定价分别为：

$$p_{A2}^{DD*} = \frac{3t^2 - \gamma p_{A1} + \gamma p_{B1} + (t + \gamma) \xi v_b \theta_b}{3t} \quad (21)$$

$$p_{B2}^{DD*} = \frac{3t^2 + \gamma p_{A1} - \gamma p_{B1} - (t + \gamma) \xi v_b \theta_b}{3t} \quad (22)$$

把式 (3), (21), (22) 代入式 (11), 式 (4), (21), (22) 代入式 (12)

可得利润分别为：

$$\pi_{A1}^{DD*} = \left(\frac{-3kv_b^2}{6} + \frac{3p_{A1}(t - p_{A1} + p_{B1} + \xi v_b \theta_b)}{6t} \right) + \zeta \quad (23)$$

$$\pi_{B1}^{DD*} = -\frac{(\gamma^2 p_{A1}^2 + (t^2 + \gamma^2) p_{B1}^2 + \vartheta)}{2t^3} \quad (24)$$

对式 (23) 中 p_{A1} , v_b 与式 (24) 中 p_{B1} 分别求偏导可得一阶条件为：

$$\frac{\partial P_{A1}^{DD*}}{\partial \xi} = \frac{1}{6} \left(-\frac{3p_{A1}}{t} + \frac{3(t - p_{A1} + p_{B1} + \xi v_b \theta_b)}{t} - \Sigma \right) \quad (25)$$

$$\frac{\partial v_b^{DD*}}{\partial \xi} = \frac{1}{6} \left(-6kv_b + \frac{3\xi p_{A1} \theta_b}{t} + \zeta \right) \quad (26)$$

$$\frac{\partial P_{B1}^{DD*}}{\partial \xi} = \frac{3t^2(3t - 2\gamma) + (9t^2 - 2\gamma^2)p_{A1} + \Omega}{18t^3} \quad (27)$$

联立求解式 (25), (26), (27) 可得平台 A, B 第一阶段最优定价和区块链增值服务最优投资量分别为：

$$P_{A1}^{DD*} = \frac{\vartheta + 2\gamma(t + \gamma)\xi^2 \theta_b^2}{l} \quad (28)$$

$$P_{B1}^{DD*} = \frac{\vartheta + 2(-45t^2 + 11t\gamma + 11\gamma^2)\xi^2\theta_b^2}{l} \quad (29)$$

$$v_b^{DD*} = \frac{5(27t^2 - 4\gamma^2)\xi\theta_b}{l} \quad (30)$$

把式 (28), (29), (30) 代入式 (21), (22) 可得平台 A, B 第二阶段最优定价分别为:

$$P_{A2}^{DD*} = \frac{t(54kt^2 - 8k\gamma^2 - \gamma\xi^2\theta_b^2)}{h} \quad (31)$$

$$P_{B2}^{DD*} = \frac{t(k(54t^2 - 8\gamma^2) - (30t + 11\gamma)\xi^2\theta_b^2)}{h} \quad (32)$$

把式 (28), (29), (30) 代入式 (23), (24) 可得平台 A, B 最优利润分别为:

$$\pi_A^{DD*} = \frac{c}{\varrho} \quad (33)$$

$$\pi_B^{DD*} = \frac{w}{\varrho} \quad (34)$$

推论 5.4 证明:

平台 A, B 最优定价分别对 γ, ξ 求导可得:

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_{A1}^{DD*}}{\partial \gamma} &= \frac{\Pi}{(3(k(54t^2 - 8\gamma^2) - 3(5t + 2\gamma)\xi^2\theta_b^2)^2)} \\ \frac{\partial P_{A1}^{DD*}}{\partial \xi} &= \frac{20k(27t^2 - 4\gamma^2)(9t^2 - 2t\gamma - 2\gamma^2)\xi\theta_b^2}{3(k(-54t^2 + 8\gamma^2) + 3(5t + 2\gamma)\xi^2\theta_b^2)^2} \\ \frac{\partial P_{A2}^{DD*}}{\partial \gamma} &= \frac{5t\xi^2\theta_b^2(2k(3t + 2\gamma)(9t + 2\gamma) + 3t\xi^2\theta_b^2)}{(k(54t^2 - 8\gamma^2) - 3(5t + 2\gamma)\xi^2\theta_b^2)^2} > 0 \\ \frac{\partial P_{A2}^{DD*}}{\partial \xi} &= \frac{20kt(3t + \gamma)(27t^2 - 4\gamma^2)\xi\theta_b^2}{(k(54t^2 - 8\gamma^2) - 3(5t + 2\gamma)\xi^2\theta_b^2)^2} \\ \frac{\partial P_{B1}^{DD*}}{\partial \gamma} &= -\frac{\Lambda}{(3(k(54t^2 - 8\gamma^2) - 3(5t + 2\gamma)\xi^2\theta_b^2)^2)} \\ \frac{\partial P_{B1}^{DD*}}{\partial \xi} &= -\frac{20k(27t^2 - 4\gamma^2)(9t^2 - 2t\gamma - 2\gamma^2)\xi\theta_b^2}{3(k(-54t^2 + 8\gamma^2) + 3(5t + 2\gamma)\xi^2\theta_b^2)^2} \\ \frac{\partial P_{B2}^{DD*}}{\partial \gamma} &= -\frac{5t\xi^2\theta_b^2(2k(3t + 2\gamma)(9t + 2\gamma) + 3t\xi^2\theta_b^2)}{(k(54t^2 - 8\gamma^2) - 3(5t + 2\gamma)\xi^2\theta_b^2)^2} < 0 \\ \frac{\partial P_{B2}^{DD*}}{\partial \xi} &= -\frac{20kt(3t + \gamma)(27t^2 - 4\gamma^2)\xi\theta_b^2}{(k(54t^2 - 8\gamma^2) - 3(5t + 2\gamma)\xi^2\theta_b^2)^2} < 0 \end{aligned}$$

区块链增值服务最优投资量分别对 γ, ξ 求导可得:

$$\begin{aligned} \frac{\partial V_A^{DD*}}{\partial \gamma} &= \frac{10(27t^2 + 20t\gamma + 4\gamma^2)\xi^3\theta_b^3}{(k(54t^2 - 8\gamma^2) - 3(5t + 2\gamma)\xi^2\theta_b^2)^2} > 0 \\ \frac{\partial V_A^{DD*}}{\partial \xi} &= \frac{5(27t^2 - 4\gamma^2)\theta_b(k(54t^2 - 8\gamma^2) + 3(5t + 2\gamma)\xi^2\theta_b^2)}{3(k(-54t^2 + 8\gamma^2) + 3(5t + 2\gamma)\xi^2\theta_b^2)^2} \end{aligned}$$

对上述求导结果分析可得：

当 $0 < t < \frac{2}{3\sqrt{3}}$, $0 < \gamma < -\frac{t}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{19t^2}$ 时, $\frac{\partial P_{A1}^{DD*}}{\partial \xi} > 0$, $\frac{\partial P_{B1}^{DD*}}{\partial \xi} > 0$, 当 $\frac{2}{3\sqrt{3}} < t < 1$, $-\frac{t}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{19t^2} < \gamma < 1$ 时, $\frac{\partial P_{A1}^{DD*}}{\partial \xi} < 0$, $\frac{\partial P_{B1}^{DD*}}{\partial \xi} < 0$; $\frac{\partial P_{A2}^{DD*}}{\partial \gamma} > 0$; 当 $0 < t \leq \frac{2}{3\sqrt{3}}$, $0 < \gamma < \frac{3}{2}\sqrt{3t^2}$ 时, $\frac{\partial P_{A2}^{DD*}}{\partial \xi} > 0$, $\frac{\partial P_{B2}^{DD*}}{\partial \xi} < 0$, $\frac{\partial V_A^{DD*}}{\partial \xi} > 0$; 当 $\frac{2}{3\sqrt{3}} < t \leq 1$, $\frac{3}{2}\sqrt{3t^2} < \gamma < 1$ 时, $\frac{\partial P_{A2}^{DD*}}{\partial \xi} < 0$, $\frac{\partial P_{B2}^{DD*}}{\partial \xi} > 0$, $\frac{\partial V_A^{DD*}}{\partial \xi} < 0$; $\frac{\partial P_{B2}^{DD*}}{\partial \gamma} < 0$; $\frac{\partial V_A^{DD*}}{\partial \gamma} > 0$ 。

(SS), (SD), (DS) 型最优结果推导和主要推论证明都与 (DD) 型类似, 不再赘述。

其中 $\Pi = (2(4k^2(27t^2 - 4\gamma^2)^2 + 2k(-675t^3 - 234t^2\gamma + 140t\gamma^2 + 48\gamma^3)\xi^2\theta_b^2 + 3(5t^2 + 10t\gamma + 2\gamma^2)\xi^4\theta_b^4)$, $\Lambda = (2(4k^2(27t^2 - 4\gamma^2)^2 + 2k(-945t^3 - 414t^2\gamma + 100t\gamma^2 + 48\gamma^3)\xi^2\theta_b^2 + 3(145t^2 + 110t\gamma + 22\gamma^2)\xi^4\theta_b^4)$, $\Upsilon = \frac{(3t^2 - \gamma p_{A1} + \gamma p_{B1} + (t + \gamma)\xi v_b \theta_b)^2}{3t^3}$, $\Sigma = \frac{2\gamma(3t^2 - \gamma p_{A1} + \gamma p_{B1} + (t + \gamma)\xi v_b \theta_b)}{3t^3}$, $\Omega = 2(-9t^2 + \gamma^2)p_{B1} + (-9t^2 + 2t\gamma + 2\gamma^2)\xi v_b \theta_b$, $\zeta = \frac{2(t + \gamma)\xi \theta_b(3t^2 - \gamma p_{A1} + \gamma p_{B1} + (t + \gamma)\xi v_b \theta_b)}{3t^3}$ 。

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. 王海星,桂云苗.考虑用户偏好的物流平台区块链增值服务投资和定价策略[J].安徽工程大学学报,2024,39(05):74-83.
2. 《考虑车主偏好的物流平台区块链增值服务投资与定价决策》 审稿中
3. 《消费者信息溯源偏好下供应链区块链增值服务投资与定价策略研究》 审稿中

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）
3. 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

在撰写这篇硕士毕业论文的过程中，我谨向我的导师桂云苗教授致以最诚挚的谢意。在本论文的选题确立、框架构建、内容深化及最终完善过程中，每一步都离不开导师的悉心指导与无私付出。导师严谨的治学态度、深厚的学术底蕴，以及对学生细致入微的关怀与耐心，不仅为本文的研究工作提供了坚实的支撑，更成为我学习道路上的指路明灯。导师的言传身教令我终身受益，激励我在未来的道路上不断求索、砥砺前行。。

同时，我也要感谢学院里每一位授课老师的辛勤付出与悉心教诲。是你们用知识的光芒照亮了我前行的道路，为我搭建了坚实而宽广的知识框架，让我在学术的海洋中找到了方向。

此外，我要特别感谢我的室友和同学们。是你们的陪伴与支持，让这段原本可能孤独的学术旅程变得充满温暖与力量。我们共同度过的每一个日夜，都是我人生中宝贵的财富。在此，我衷心祝愿桂云苗教授及各位授课老师身体健康，万事如意；祝愿我的好室友和好同学们生活顺利，前程似锦，让我们一起冲冲冲，迎接更加美好的未来。