

分类号: F272

密 级: 公开

学校代码: 10363

学 号: 2210720125



安徽工程大学

Anhui Polytechnic University

硕士学位论文

题 目 物流平台区块链服务投资
策略研究

论 文 作 者 杨兰
指 导 教 师 桂云苗
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: 2024 年 06 月 04 日

分类号：F272

密 级：公开

单位代码：10363

学 号：2210720125

题 目 物流平台区块链服务投资策略研究

英文并列

题 目 RESEARCH ON BLOCKCHAIN SERVICE INVESTMENT
STRATEGY OF LOGISTICS PLATFORM

学生姓名：杨兰

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：2024 年 05 月 29 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：杨立

日期：2024 年 06 月 04 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：

杨立

日期：2024 年 06 月 04 日

指导教师签名：

陈辉

日期：2024 年 06 月 04 日

物流平台区块链服务投资策略研究

摘 要

随着全球经济一体化的深度推进,以及电子商务、大数据、物联网等技术手段与物流的深度融合,物流业的发展越来越有活力。在商品流通活动日趋频繁和产业政策大力扶持双重因素推动下,我国物流业整体规模不断扩大。在此期间,国内出现了一批“互联网+物流”的物流平台,如京东物流、满帮集团、菜鸟物流等,相较于传统物流企业,依托于互联网技术的物流平台采用更加科学的方法帮助企业解决货放哪儿、货从哪儿配、车从哪儿走三类决策问题,大幅度降低了运作成本。但在其高速发展的背后,众多问题逐渐显露,如定价收费混乱、货源真实性存疑、准入门槛较低、服务流程繁琐导致服务困难等问题,物流平台运营乱象亟待解决。

区块链技术伴随着智能合约的提出与共识机制的不断完善,区块链技术日益成熟,鉴于物流平台目前存在的问题与区块链技术特性,将二者进行融合是解决上述问题的新思路,经由区块链存储的数据来源可查、去向可追、责任可究,有助于重建平台与用户间的信任。区块链服务成为平台解决货源信息造假、服务提供方资质信息审核难、交易审核时间过长等痛点问题的重要工具。而平台在投资区块链服务前,需权衡投资效益与成本,如何有效选择投资策略成为平台获取竞争优势的关键问题。

综上,本文在对双边市场及区块链服务投资等文献归纳分析的基

础上，主要围绕以下三个方面展开讨论：

本课题的研究内容主要以不同市场结构下的物流平台作为研究对象，针对当前物流平台利用区块链服务解决平台痛点、难点问题的现象，分别研究了垄断市场、静态竞争市场、动态竞争博弈市场中物流平台间不同区块链服务投资策略组合情形，以现实背景为依托，在对此前参考文献的归纳总结的基础上，提炼区块链服务投资影响因素，建模求解物流平台的占优均衡投资决策，帮助物流平台吸引双边用户和获取市场的竞争优势，具体研究内容如下：

（1）垄断市场下物流平台区块链服务投资决策：在垄断市场条件下，平台为了进一步获得更多利润，考虑进行区块链服务投资。在考虑投资区块链投资效益与成本等因素的前提下，运用 Hotelling 博弈模型，分别建立平台投资与不投资情形中双边用户效用与平台利润模型，对比分析区块链服务投资前后平台规模、定价与利润的均衡解，得出投资条件。

（2）静态竞争市场下物流平台区块链服务投资决策：研究在双寡头静态竞争市场中，探究平台自身与竞争对手不同投资策略组合下的占优均衡策略。运用 Hotelling 双寡头博弈模型，建立不同投资决策组合下，双边用户效用与平台利润模型，通过对比不同投资策略组合下的均衡解，分析规模、定价与利润的变化情况，得出平台占优均衡决策及其影响因素。

（3）动态竞争市场下物流平台区块链服务投资决策：研究在动态竞争中，当竞争对手采取不同投资策略时平台的占优投资决策。建

立了 Hotelling 和 Stackelberg 的不同决策时序下物流平台的动态博弈决策模型，对比分析均衡解，得出平台的最优投资策略。

关键词： 物流平台，双边市场，平台竞争，区块链服务投资，定价策略

RESEARCH ON BLOCKCHAIN SERVICE INVESTMENT STRATEGIES OF LOGISTICS PLATFORMS

Abstract

With the deep integration of global e-commerce, big data, Internet of Things and other technical means with logistics, the development of logistics industry is becoming more and more dynamic. Driven by the increasing frequency of commodity circulation activities and the strong support of industrial policies, the overall scale of China's logistics industry has been expanding. During this period, many 'Internet + logistics' platforms have emerged in China, such as Jingdong Logistics, Manbang Group, Cainiao Logistics, etc. Compared with traditional logistics enterprises, logistics platforms relying on Internet technology adopt more scientific methods to help enterprises solve three types of decision-making problems : where to place goods, where to distribute goods, and where to go, which greatly reduces operating costs. However, behind its rapid development, many problems have gradually emerged, such as confusion in pricing and charging, doubts about the authenticity of supply sources,

low barriers to entry, and service difficulties caused by cumbersome service processes. The logistics platform operation chaos needs to be solved urgently.

With the introduction of smart contracts and the continuous improvement of consensus mechanisms, blockchain technology is becoming more and more mature. In view of the current problems of logistics platforms and the characteristics of blockchain technology, the integration of the two is a new idea to solve the above problems. The data source stored through the blockchain can be checked, the whereabouts can be traced, and the responsibilities can be investigated, which helps to rebuild the trust between the platform and users. Blockchain service has become an important tool for the platform to solve the pain points such as source information fraud, service provider qualification information audit difficulty, and long transaction audit time. Before investing in blockchain services, the platform needs to weigh investment benefits and costs, and considers the impact of investment decisions in a monopolistic and competitive environment. How to effectively choose investment strategies has become a key issue for the platform to gain competitive advantages.

In summary, based on the analysis of the literature on two-sided markets and blockchain service investment, this paper mainly discusses the following three aspects : The research content of this topic mainly takes the logistics platform under different market structures as the research object.

In view of the phenomenon that the current logistics platform uses blockchain service to solve the pain points and difficult problems of the platform, the combination of different blockchain service investment strategies among logistics platforms in monopoly market, static competitive market and dynamic competitive game market is studied respectively. Based on the realistic background and summarizing the previous references, the influencing factors of blockchain service investment are extracted, and the dominant equilibrium investment decision of logistics platform is modeled and solved to help logistics platform attract bilateral users and gain market competitive advantage. The specific research contents are as follows :

1) Blockchain service investment decisions of logistics platform under monopoly market : Under the condition of monopoly market. To obtain more profits, the platform considers investing in blockchain service. Under the premise of considering the factors such as investment benefit and cost of investment blockchain, the Hotelling game model is used to establish the bilateral user utility and platform profit model in the case of platform investment and non-investment respectively. The equilibrium solution of platform scale, pricing and profit before and after blockchain service investment is compared and analyzed.

2) Decisions of blockchain service investment of logistics platform in static competitive market : This paper studies the dominant equilibrium

strategy of the platform itself and its competitors under different investment strategy combinations in the duopoly static competitive market. Using the Hotelling duopoly game model, the bilateral user utility and platform profit model under different investment decision combinations are established. By comparing the equilibrium solutions under different investment strategy combinations, the changes of scale, pricing and profit are analyzed, and the platform dominant equilibrium decision and its influencing factors are obtained.

3) Investment decisions of logistics platform blockchain service in dynamic competitive market : This paper studies the dominant investment decision of the platform when competitors adopt different investment strategies in dynamic competition. The dynamic game decision model of logistics platform under different decision time sequences of Hotelling and Stackelberg is established, and the optimal investment strategy of the platform is obtained by comparing and analyzing the equilibrium solution.

Author: Yang Lan(school of economics and management)

Supervised by: Professor Gui Yunmiao

KEY WORDS: logistics platform, two-sided market, platform competition, blockchain service investment, pricing strategy

目录

摘 要	I
ABSTRACT	IV
第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 文献综述	3
1.2.1 双边市场理论相关研究	3
1.2.2 定价方式与定价策略研究	4
1.2.3 平台竞争相关研究	4
1.2.4 网络外部性相关研究	5
1.2.5 双边平台投资管理相关研究	5
1.2.6 区块链服务投资相关研究	5
1.2.7 研究现状评述	6
1.3 研究内容与方法	7
1.3.1 研究内容	7
1.3.2 研究方法	7
1.3.3 研究框架	8
1.4 本文创新点	8
第 2 章 垄断物流平台区块链服务投资策略研究	10
2.1 问题提出	10
2.2 模型构建与求解	10
2.2.1 用户不采纳区块链服务情形	11
2.2.2 用户采纳区块链服务情形	12
2.3 对比分析	14
2.4 本章小结	20
第 3 章 静态竞争下物流平台区块链服务投资策略研究	21
3.1 问题提出	21
3.2 模型构建与求解	21
3.2.1 双方不投资区块链情形	23
3.2.2 一方不投资区块链情形	25
3.2.3 双方投资区块链情形	28
3.3 对比分析	29
3.4 本章小结	38
第 4 章 动态竞争下物流平台区块链服务投资策略研究	40
4.1 问题提出	40

4.2 模型构建与求解.....	40
4.2.1 双方不投资区块链情形.....	42
4.2.2 一方不投资区块链情形.....	43
4.2.3 双方投资区块链情形.....	47
4.3 对比分析.....	48
4.3 本章小结.....	52
第 5 章 总结与展望.....	54
5.1 研究结论.....	54
5.2 研究展望.....	55
参考文献.....	56
攻读硕士学位期间参与的科研项目工作及研究成果.....	62
致谢.....	63

第 1 章 绪论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

随着全球经济一体化的深度推进,以及电子商务、大数据、物联网等技术手段与物流的深度融合,物流业的发展越来越有活力。在商品流通活动日趋频繁和产业政策大力扶持双重因素推动下,我国物流业整体规模不断扩大。作为重要的服务产业,物流业将面临从追求规模速度增长向追求质量效益提升的转变,做优存量、推动行业提质增效的要求使得信息化、智能化、平台化、一体化、自动化成为现代物流行业发展的必然趋势。在此期间,国内出现了一批“互联网+物流”的物流平台,如京东物流、满帮集团、菜鸟物流等,相较于传统物流企业,依托于互联网技术的物流平台采用更加科学的方法帮助企业解决货放哪儿、货从哪儿配、车从哪儿走三类决策问题,大幅度降低了运作成本。但在其高速发展的背后,众多问题逐渐显露,如交通运输部门多次对货拉拉、满帮、滴滴货运等货运型物流平台进行约谈,就定价收费混乱、货源真实性存疑、准入门槛较低、服务流程繁琐导致服务困难等问题进行讨论,物流平台运营乱象亟待解决。

区块链概念在 2008 年由中本聪^[1]首次提出,其附带时间戳的交易记录经由 Hash 算法加密后,以链式结构依次排列,难以篡改与抵消。伴随着智能合约的提出与共识机制的不断完善,区块链技术日益成熟,鉴于物流平台目前存在的问题与区块链技术特性,将二者进行融合是解决问题的新思路^[2],经由区块链存储的数据来源可查、去向可追、责任可究,有助于重建平台与用户间的信任。早在 2017 年,路歌平台就利用区块链技术赋能物流行业,进行全量运营数据的披露,提高数据可信度^[3];传化智联在 2018 年投资区块链即服务(Blockchain as a service)平台的建设,用于物流追踪、流程优化、物流征信等;中储智运成功依托物流运力共享平台与区块链服务,披露真实、可追溯的物流信息,提高数据可信度,区块链服务成为平台解决货源信息造假、服务提供方资质信息审核难、交易审核时间过长等痛点问题的重要工具。而平台在投资区块链服务前,需权衡投资效益与成本,并考虑竞争对手投资决策对自身的影响,如何有效选择投资策略成为平台

获取竞争优势的关键问题。

综上所述，本课题紧扣物流平台区块链服务投资决策这一核心问题，研究垄断型平台与双寡头竞争平台的最优区块链服务投资策略，以期平台区块链服务投资决策提供一定参考依据。

1.1.2 研究意义

作为连接生产端与消费端的纽带，物流业在社会经济发展中发挥着越来越重要的作用。然而随着物流平台数量的增加，平台运营过程中的乱象也越来越多，区块链技术凭借其独特的技术优势，已成为物流平台解决问题的重要工具。因此考虑不同竞争环境下物流平台的区块链服务投资与定价策略等问题具备一定的理论与现实意义。

1.1.2.2 理论意义

目前有关区块链服务投资的文献，大多集中在供应链与金融领域，仅少数学者从双边市场角度出发进行研究。物流平台具有典型双边市场特征，本研究利用双边市场理论与博弈理论来研究物流平台区块链服务投资决策，具体理论意义表现在：

（1）将市场结构分为垄断型与双寡头竞争型市场，考虑垄断型平台区块链服务投资条件；在竞争环境下，对静态、动态博弈时序下平台不同区块链服务投资策略组合建模求解，分析对比不同情形下平台均衡规模、定价与利润，寻找最优均衡决策及其影响因素。

（2）基于以上基础，加入区块链服务特征因素，如提升用户信息信任度、缩短交易时长等，综合考虑双边市场网络外部性与区块链服务相关特性因素影响下平台的投资决策。

1.1.2.2 现实意义

商业全球化以及互联网信息的发展使得平台企业间的竞争变得越来越激烈，如何在激烈竞争中扩大用户规模、保持竞争优势是每个平台企业面临的重要问题。区块链的去中心化运作与分布式数据存储结构，配合物联网、射频识别等技术，交易数据全程追踪，防止信用资质、货源、运输轨迹、合同等交易信息被篡改，

有效保证上链数据的真实性,有助于解决参与主体间的信任问题与后期审核等问题,缩短交易时效,提高交易效率。另外,区块链服务在物流金融中,可以将数字资产转化为金融信用资产,提升物流企业、用户与平台的授信规模,控制金融机构的风险,因此区块链技术在物流行业具有良好的应用前景。然而平台在进行区块链服务投资前,需考虑众多因素如竞争对手投资策略、区块链投资效益、投资成本等,因此,综合考虑诸多因素前提下的物流平台区块链服务占优投资策略具有重要意义。

1.2 文献综述

关于双边市场的定义以及相关问题的讨论最早是由于一系列的信用卡市场的反垄断案所导致,众多国内外专家学者展开了对双边市场的进一步研究。本课题以物流平台为研究对象,立足于双边市场理论,主要从双边市场定价方式与定价策略、平台竞争环境、交叉网络外部性、用户归属行为、双边平台投资管理、区块链服务投资影响等角度出发,进行了相关研究综述。

1.2.1 双边市场理论相关研究

当前,国内外学者关于物流平台等双边平台的研究中,对网络外部性和用户归属情形的探讨颇为深入。Jean-Charles 等^[4]首次提出“双边市场”概念,随后,在法国图卢兹举办的“双边市场经济学”会议上,双边市场理论得以进一步阐释^[5]。双边市场,顾名思义,是指两组参与者需要通过一个平台来进行交易,且其中一组参与者加入平台的收益,会受到另一组参与者数量的影响。Armstrong^[6]基于双边市场的特性,提出了交叉网络外部性的概念,这强调了双边用户通过平台互动所产生的相互影响,即一边用户的满意度与另一边用户的数量息息相关。盖伦^[7]在对双边市场理论进行综述的基础上,展望了其未来的发展趋势,强调了市场结构、政府政策规制以及向多边市场扩展的重要性。Rochet 等^[8]认为双边市场中价格结构的变动会深刻影响市场的整体价格结构和规模,并指出双边市场价格结构具有非中性的特点,即当平台向用户收取的总费用保持不变时,任何一方的价格变动都会影响到平台的总需求和交易。Wright^[9]根据实际双边市场行为的分析,强调了双边市场具有强大的网络效应。David 和 Evans^[10]根据双边市场的功能将其简单地划分为市场创造型、用户创造型和需求协调型三类。岳中刚^[11]则在分析

双边市场的特征和类型的基础上,探讨了双边用户的网络外部性效应、价格成本结构的偏离、搭配销售以及反竞争行为等问题。

1.2.2 定价方式与定价策略研究

关于定价方式与定价策略的研究, Liu^[12]深入探讨了供应商的门槛参与量、增值服务以及匹配能力对 O2O 平台定价决策的影响。毕菁佩^[13]提出了两阶段的平台价格竞争模型,分析了歧视性定价策略和双边用户网络外部性对平台定价和利润的影响,指出在不同网络外部性强度下,平台会采取不同的定价策略。邹佳和郭立宏^[14]则建立了基于双边平台的两阶段定价博弈模型,研究了两部收费问题,并发现两部收费条件下的平台均衡利润高于固定收费条件。吴晓隽等^[15]以共享经济平台为研究对象,分析了匹配效率、交叉网络外部性以及市场规模对平台定价策略的影响,并指出平台差异化可以提升均衡利润。王玉玺^[16]的研究涉及考虑交叉网络外部性情况下平台提供延伸服务时的定价问题,结果显示延伸服务能够提高平台的利润,平台在不同阶段会采取不同的定价策略以实现最大利润。刘维奇和张苏^[17]则分析了双边平台在不同兼并结构下的定价问题,并比较了不同兼并结构下的均衡解。此外, Min 等^[18]从实证角度评估了平台竞争对耐用产品均衡定价的影响。

1.2.3 平台竞争相关研究

在平台竞争方面, Paul 和 Martin^[19]研究了不完全信息对垄断和竞争市场利益的影响。而 Argenziano^[20]从双边网络效应的角度分析了差异化双边市场平台竞争的问题,并指出垄断平台会对双边用户实施价格歧视。同时, Armstrong 和 Wright^[21]针对双边市场中的竞争瓶颈和平台排他交易进行了研究,并解释了在双边市场竞争中自发出现竞争瓶颈的问题。Chakravorti 和 Roson^[22]研究了竞争性的支付网络,分析了各种市场结构下的均衡状态,并指出平台竞争可以增加双方福利。此外, Gabszewicz 和 Wauthy^[23]建立了一个双寡头竞争模型,发现两个平台都能够获得正向的利润。在刘霞和王云龙^[24]对双边平台市场理论的文献进行梳理和分析后发现,大多数的论文主要集中在静态竞争研究方面,而对于动态竞争或者动静结合的角度研究双边市场的论文较少。曹俊浩等^[25]通过建立基于 B2B 的 Hotelling 平台竞争模型,分析了平台用户接入方式变化对平台竞争性策略的影响,并发现基础服务水平和交叉网络外部性的增加会影响平台收费水平和收益。另外,关于平台动态博弈的研究较少,如桂云苗等人^{[26][27]}从网络外部性和用户归

属行为两方面研究了动态竞争下平台增值服务投资与定价策略。孙中苗等^[28]则基于最优控制理论方法,以平台的收益最大化为目标,研究了不同竞争情形下网约车平台的动态定价模型。此外,尚秀芬等人^[29]采用微分博弈的最优控制方法研究了双边平台中的动态竞争。

1.2.4 网络外部性相关研究

在国内外,许多学者通常以跨市场网络外部性视角来研究双边平台的策略。在一系列研究中,Wu 等^[35]关注网络外部性对在线汽车平台价格机制的影响;Xu 等^[36]考虑了跨市场网络外部性情况下政府投资对平台定价和最优利润的影响,指出买卖双方的收费取决于其投资水平和网络外部性差异;Ivan 和 Wai 等人^[37]则针对展览行业进行有限实证研究,揭示展览市场具有跨网络外部性,业务网络规模对服务质量有着重要影响;Chen 等人^[38]运用时空分析方法,探讨不同时间段的网络外部性如何影响平台定价和监管成本,并发现商家的网络外部性越强,收取平台费用就越低。以上研究突出了跨市场网络外部性在不同行业中的重要性,为相关领域的发展提供了有益意见。

1.2.5 双边平台投资管理相关研究

在研究双边平台投资管理方面,较早有 Hagiu 等^[39]学者提出双边平台对第一方内容和第三方内容投资的定价策略。张凯等^[40]考虑存在部分重叠业务的竞争型双边平台的竞争策略。Dou^{[41][42]}、田应东^[43]、桂云苗等^[44]讨论对增值服务的投资策略。张川等在^[45]考虑交叉网络外部性前提下,探究多边配送平台的增值服务与投资定价策略。刑大宁^[46]探究物流平台在云计算服务背景下的投资与运营策略。黄静静等^[47]对两个竞争型平台服务质量水平投资决策进行分析,探究不同决策组合下的占优策略等。

1.2.6 区块链服务投资相关研究

国内外学者充分研究了区块链服务对供应链运营管理的影响。理论发展之初,学者大多从文献分析与实证研究角度出发,发现多中心化区块链服务可以创建透明可靠的供应链数据流^[48];研究去中心化区块链服务对供应链需求不确定性^[49]、运营成本^[50]、系统透明度与安全性^[51]、系统运营效率的影响^[52]等;探究区块链服务对未来供应链政策的影响^[53]以及潜在应用^[54]等。随着研究的深入,学者将区块链服务投资策略与博弈理论相结合,如孙中苗等^[55]、谭春桥等^[56]探究区块链辨识产品真伪的作用效果对供应链集中、分散定价决策的影响。梁喜等^[57]讨论区块链

交易单位验证费用、消费者对验证结果的敏感系数等因素对双渠道供应链定价和渠道选择策略的影响。刘露等^[58]研究基于区块链信用传递功能驱动下的新型供应链金融模式与传统供应链金融模式的区别。赵慧达等^[59]考虑了区块链投资成本、消费者对系统透明度的不敏感比例等因素对区块链投资决策的影响。Cao 等^[60]发现区块链服务对农业供应链融资风险、交易对手风险、消费者信任度缺失三个问题的改善作用,并分析区块链服务如何影响供应链参与者的决策。但现有文献较多从供应链管理角度出发,涉及双边市场型服务平台区块链投资决策的研究较少。

1.2.7 研究现状评述

由上述文献可知,在当今物流平台与各种信息数据库快速发展的大背景下,国内外学者纷纷为物流平台信息化和双边市场理论研究贡献了大量的科研成果。在双边市场理论方面,有关平台投资定价模式和投资管理相关的探讨也进一步拓展了双边市场的相关理论研究。通过对现有国内外双边市场文献的梳理发现:

(1) 与区块链服务投资相关的研究大多从供应链运营管理的角度出发,仅有少量的研究将区块链服务投资决策与双边平台结合起来,探讨双边平台区块链服务投资决策。

(2) 在双边市场方面,围绕平台定价、竞争以及其他运营策略的探讨十分丰富,考虑不同竞争市场环境下双边平台服务投资策略的理论研究并不丰富。另外,目前双边市场文献中关于服务投资的讨论,大多是在垄断或者双边用户单归属条件下进行的,少有文章同时结合寡头竞争、双边用户部分多归属来讨论服务投资策略问题。

(3) 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,仅有较少学者考虑竞争平台投资策略,探讨竞争平台采取不同投资策略时平台的占优决策。

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,考虑了用户不同归属行为以及竞争对手不同投资决策,分别对垄断、寡头静态竞争、动态竞争的物流平台区块链服务的投资策略展开相关讨论。

1.3 研究内容与方法

1.3.1 研究内容

本课题的研究内容主要以不同市场结构下的物流平台作为研究对象，针对当前物流平台利用区块链服务解决平台痛点、难点问题的现象，分别研究了垄断市场、静态竞争市场、动态竞争博弈市场中物流平台间不同区块链服务投资策略组合情形，以现实背景为依托，在对此前参考文献归纳总结的基础上，提炼区块链服务投资影响因素，建模求解物流平台的占优均衡投资决策，帮助物流平台吸引双边用户和获取市场的竞争优势，具体研究内容如下：

（1）物流平台区块链服务投资影响因素分析：本课题以区块链服务为切入点，阅读国内外相关文献，对区块链服务特性与物流平台服务投资、定价影响因素进行整理，结合物流平台现实情况，梳理平台区块链投资的影响因素，如效益因素与成本因素等。

（2）垄断市场下物流平台区块链服务投资决策：在考虑投资区块链投资效益与成本等因素的前提下，运用 Hotelling 博弈模型，用户不采纳区块链服务与采纳区块链服务情形下双边用户效用与平台利润模型，对比分析不同情形下平台规模、定价与利润的均衡解，得出平台投资条件等结论。

（3）静态竞争市场下物流平台区块链服务投资决策：研究在双寡头静态竞争市场中，探究平台自身与竞争对手不同投资策略组合下的占优均衡策略。运用 Hotelling 双寡头博弈模型，建立不同投资决策组合下，双边用户效用与平台利润模型，通过对比不同投资策略组合下的均衡解，分析规模、定价与利润的变化情况，得出平台占优均衡决策及其影响因素。

（4）动态竞争市场下物流平台区块链服务投资决策：研究在动态竞争中，当竞争对手采取不同投资策略时平台的占优投资决策。建立基于 Hotelling 博弈和 Stackelberg 博弈的不同决策时序下物流平台的动态博弈决策模型，对比分析均衡解，得出平台的最优投资策略。

1.3.2 研究方法

本文主要通过以下 4 种方法对上述问题进行研究：

（1）文献综述法。通过阅读近年来有关双边市场的参考文献，对区块链服务投资、双边市场定价方式、平台竞争、用户归属行为、交叉网络外部性等方面

的研究进行归纳总结分析，发现目前研究的动态发展趋势和不足之处，得出本文讨论的主要问题。

(2) 双边市场理论与方法。以经典双边市场竞争模型为基础，在考虑双边用户归属度条件下，对垄断与寡头物流平台相关竞争问题展开讨论。譬如讨论竞争市场下平台间不同区块链投资策略组合下的占优均衡解。

(3) 博弈论。在构建本课题的垄断和竞争市场下物流平台区块链服务投资模型时，主要参考博弈论中的相关理论及模型。如利用 Hotelling 寡头竞争模型的基本前提以及该模型的基本框架，结合 Stackelberg 动态竞争模型以及不同影响因素来构建不同市场结构下的垄断、静态寡头竞争博弈模型和动态寡头竞争博弈模型，并利用逆向归纳法求解最优结果。

(4) 数值分析与模拟。在分析上述垄断和寡头竞争博弈模型的均衡解以及获得其最优结果的基础之上，利用数值分析与模拟方法来验证模型假设是否合理，然后再考虑做进一步的模型调整和结论分析工作。

1.3.3 研究框架

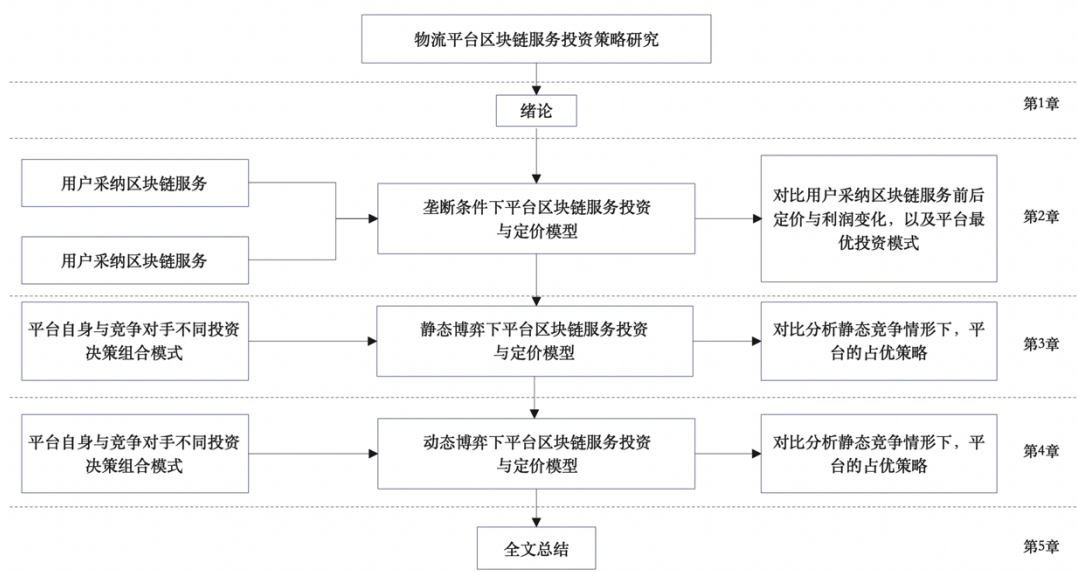


图 1-1 研究框架图

1.4 本文创新点

(1) 研究视角创新。课题所采取的切入点是从平台运作角度提升平台企业服务竞争优势的一个比较新的出发点。从平台为双边用户投资区块链服务和博弈

论的双重角度出发,研究物流平台在不同市场结构下的考虑竞争对手投资行为的区块链服务投资的最优决策问题,从而为现实中的物流平台关于区块链服务投资以及其他类型的双边市场竞争提供一定的理论参考依据。

(2) 研究内容创新。在双边市场竞争中引入区块链服务投资策略的问题,分别从寡头垄断市场、静态竞争市场和动态竞争市场三种市场结构来讨论不同市场结构下物流平台的最优投资问题,并且分析竞争对手不同投资策略时物流平台的区块链服务投资的占优决策问题。此外,本课题还将动态竞争引入到双边市场竞争中,在平台先后行动条件的基础上的最优决策。由于竞争环境以及应用领域的不同,使得本课题存在进一步研究价值。

(3) 研究方法创新。本课题在基于效用理论的基础之上,利用 Hotelling 寡头竞争模型的基本前提以及该模型的基本框架构建不同市场结构下的竞争博弈模型,并且在双边市场竞争中引入动态竞争时采用 Hotelling 博弈和 Stackelberg 主从博弈模型相结合的方式,利用逆向归纳法求解最优结果。

第 2 章 垄断物流平台区块链服务投资策略研究

2.1 问题提出

随着互联网平台经济的快速发展，物流平台已进入稳步增长的发展态势，截止 2023 年 9 月底，全国已达 2937 家物流平台企业，整合社会零散运力 728.8 万辆，整合驾驶员 602.6 万人。而物流平台在快速扩张过程中，经常出现货源信息虚报、准入资格审核不严等交易监管不严格、交易过程难追踪的痛点堵点，严重制约了平台的高质量发展。区块链技术具有可追溯、去信任化等特点，是解决平台痛点问题的重要手段，但目前较多用户担心信息泄露和区块链应用成本，造成平台用户上链率低，比如路歌、京东物流等平台早在 2019 年应用区块链技术，但目前大约只有 5% 左右上链率。因此用户如何权衡区块链服务采纳成本和区块链价值增值，已成为物流平台定价的重要影响因素。

2.2 模型构建与求解

市场上存在某一物流平台物流服务需求方(B)、物流服务供应方(S)提供信息、促进交易等，平台利用区块链技术为双边用户提供信用数字化、物流溯源等区块链应用服务。假设 p_{Si} 、 p_{Bi} ($i=1,2$) 分别表示双边用户不采纳和采纳区块链服务两种情形下对用户收取的价格。假设 α_S 表示服务供应方(S)对服务需求方(B)的交叉网络外部性强度， α_B 表示服务需求方(B)对服务供应方(S)的交叉网络外部性强度， α_S 、 $\alpha_B > 0$ ，表明该网络外部性为正，即一边用户数量越多，对另一边用户更有利，平台一边用户加入平台数量随着另一边用户数量的增加而增加，效用也随之增加； n_{Si} 和 n_{Bi} 分别表示双边用户的规模；用 θ_j ($j = S, B$) 表示 S 或 B 端用户的区块链服务采纳率（亦称上链率），其中 $\theta_j \in [0,1]$ ，当 $\theta_j=0$ 时，表明平台上没有用户采纳区块链服务；当 $\theta_j=1$ 时，表明平台上所有用户均采纳区块链服务。 $\theta_j v$ 表示用户采纳区块链服务带来的效用增加量，其中 $v > 0$ ， v 是区块链服务采纳的效用增加系数。为了简化计算，假设双边用户区块链服务采纳成本均为 c 。平台运营及维

护区块链服务成本为 κc ，其中 $\kappa > 1$ ，表示平台运维成本要高于用户采纳成本， π_i 分别表示两种情形下平台的利润。

用户与平台进行的是 Hotelling 模型博弈，第一阶段平台根据现有信息设定价格，第二阶段双边用户根据获得的效用考虑是否加入平台，平台和用户根据信息不断调整自身策略，达到最终的均衡状态。平台为了自身利润最大化，考虑引入区块链技术，用户根据自身效用最大化原则选择是否采纳区块链服务，因此本文考虑的是用户采纳与不采纳区块链服务两种情形下平台的最优定价策略。

2.2.1 用户不采纳区块链服务情形

假设物流平台市场基本规模均为 1，参照文献^{[3][61]}，在用户不采纳区块链服务情形下可构建如下模型：

S 端用户的规模为：

$$n_{B1} = 1 + \alpha_S n_{S1} - p_{B1} \quad (1.1)$$

B 端用户的规模为：

$$n_{S1} = 1 + \alpha_B n_{B1} - p_{S1} \quad (1.2)$$

平台的利润为：

$$\pi_1 = n_{S1} p_{S1} + n_{B1} p_{B1} \quad (1.3)$$

命题 1 在用户不采纳区块链服务情形下，当满足 $0 < \alpha_S < 2$ 且 $0 < \alpha_B < 2 - \alpha_S$ 时，平台对两端用户的最优定价、利润分别为：

$$p_{B1}^* = \frac{\alpha_B - 1}{\alpha_B + \alpha_S - 2}, \quad p_{S1}^* = \frac{\alpha_S - 1}{\alpha_B + \alpha_S - 2}, \quad \pi_1^* = \frac{1}{2 - \alpha_B + \alpha_S},$$

证明 联立 (1.1) 和 (1.2) 式，可得在用户不采纳区块链服务情形下双边用户规模：

$$n_{S1} = \frac{1 - p_{S1} + \alpha_B - p_{B1} \alpha_B}{-1 + \alpha_B \alpha_S} \quad (1.4)$$

$$n_{B1} = \frac{1 - p_{B1} + \alpha_S - p_{S1} \alpha_S}{1 - \alpha_B \alpha_S}$$

将 (1.4) 式代入 (1.3) 式后对 p_{B1} 、 p_{S1} 求一阶偏导数得：

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial p_{B1}} = \frac{-1 + 2p_{B1} - \alpha_S + p_{S1}(\alpha_B + \alpha_S)}{-1 + \alpha_B \alpha_S} \quad (1.5)$$

$$\frac{\partial \pi_l}{\partial p_{S1}} = \frac{-1 + 2p_{B1} - \alpha_S + p_{S1}(\alpha_B + \alpha_S)}{-1 + \alpha_B \alpha_S}$$

由 (1.5) 可得 hessian 矩阵及其行列式值为:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{2}{\alpha_B \alpha_S - 1} & \frac{\alpha_B}{\alpha_B \alpha_S - 1} + \frac{\alpha_S}{\alpha_B \alpha_S - 1} \\ \frac{\alpha_B}{\alpha_B \alpha_S - 1} + \frac{\alpha_S}{\alpha_B \alpha_S - 1} & \frac{2}{\alpha_B \alpha_S - 1} \end{bmatrix},$$

可知 $|A| = \frac{(2 - \alpha_B + \alpha_S)(2 + \alpha_B + \alpha_S)}{(-1 + \alpha_B \alpha_S)^2}$; $|A| > 0$ 时, hessian 矩阵负定, 平台 1 最优利

润在驻点处取得最大值, 令偏导值为 0, 得最优定价 $p_{B1}^* = \frac{\alpha_B - 1}{\alpha_B + \alpha_S - 2}$ 、 $p_{S1}^* = \frac{\alpha_S - 1}{\alpha_B + \alpha_S - 2}$, 再将定价的最优值代入 (1.4) 得到规模的最优值 $n_{B1}^* = n_{S1}^* = \frac{1}{2 - \alpha_B + \alpha_S}$,

再将 p_{B1}^* 、 p_{S1}^* 、 n_{B1}^* 、 n_{S1}^* 代入 (1.3) 可得利润的最优值为:

$$\pi_1^* = \frac{1}{2 - \alpha_B - \alpha_S}$$

由于驻点唯一, 故当 $0 < \alpha_S < 2$ 且 $0 < \alpha_B < 2 - \alpha_S$ 时, 平台 1 取得最优利润。

2.2.2 用户采纳区块链服务情形

平台一边用户采纳区块链服务会给另外一边用户带来效用增加量为 $\theta_j v$, 例如当 S 端用户采纳区块链服务时, 平台会对交易全程监管与数据留痕, B 端用户效用会增加 $\theta_S v$; 同样, 当 B 端用户采纳区块链服务时, S 端用户的效用会增加 $\theta_B v$ 。两端用户区块链服务采纳成本均为 c , 平台运营及维护区块链服务成本为 κc , 因此可得:

B 端用户的规模为:

$$n_{B2} = 1 + \theta_S v + \alpha_S n_{S2} - p_{B2} - c \quad (1.6)$$

S 端用户的规模为:

$$n_{S2} = 1 + \theta_B v + \alpha_B n_{B2} - p_{S2} - c \quad (1.7)$$

平台的利润为:

$$\pi_2 = n_{S2} p_{S2} + n_{B2} p_{B2} - \kappa c \quad (1.8)$$

命题 2 在用户采纳区块链服务情形下, 当满足 $0 < \alpha_S < 2$ 且 $0 < \alpha_B < 2 - \alpha_S$ 时, 平台对两端的最优定价、利润分别为:

$$p_{B2}^* = \frac{(M+1)(2 - \alpha_S^2 - \alpha_B \alpha_S) + (N+1)(\alpha_B - \alpha_S)}{(2 - \alpha_B - \alpha_S)(2 + \alpha_B + \alpha_S)}$$

$$p_{S2}^* = \frac{(N+1)(2-\alpha_B^2-\alpha_B\alpha_S)+(M+1)(\alpha_S-\alpha_B)}{(2-\alpha_B-\alpha_S)(2+\alpha_B+\alpha_S)}$$

$$\pi_2^* = \frac{(\alpha_B+\alpha_S)(M+1)(N+1)+(M+1)^2+(N+1)^2}{(2-\alpha_B-\alpha_S)(2+\alpha_B+\alpha_S)} - KC$$

其中 $\theta_B v - c = M$ ，表示 B 端用户采纳区块链服务带给 S 端用户的价值增值；

$\theta_S v - c = N$ ，表示 S 端用户采纳区块链服务带给 B 端用户的价值增值。

证明 若在双边市场中，仅存在一个垄断的物流平台，当用户采纳区块链服务时，双边规模同时满足以下条件：

$$\begin{cases} n_{B2} = 1 + \theta_S v + \alpha_S n_{S2} - p_{B2} - c \\ n_{S2} = 1 + \theta_B v + \alpha_B n_{B2} - p_{S2} - c \end{cases}$$

联立（1.6）和（1.7）式，可得在用户采纳区块链服务情形下双边用户规模：

$$n_{B2} = \frac{c - 1 + p_{B2} + \alpha_S(-1 + c + p_{S2} - v\theta_B) - v\theta_S}{\alpha_B\alpha_S - 1}$$

$$n_{S2} = \frac{c - 1 + p_{S2} - v\theta_B + \alpha_B(-1 + c + p_{B2} - v\theta_S)}{\alpha_B\alpha_S - 1}$$
(1.9)

将（1.9）式代入（1.8）式后对 p_{B2} 、 p_{S2} 求一阶偏导数得：

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial p_{B2}} = \frac{p_{B2} + p_{S2}\alpha_B - 1 + c + p_{B2} + \alpha_S(-1 + c + p_{S2} - v\theta_B) - v\theta_S}{\alpha_B\alpha_S - 1}$$
(1.10)

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial p_{S2}} = \frac{p_{S2} + p_{B2}\alpha_S - 1 + c + p_{S2} - v\theta_B + \alpha_B(-1 + c + p_{B2} - v\theta_S)}{\alpha_B\alpha_S - 1}$$

由（1.10）可得 hessian 矩阵及其行列式值为：

$$A = \begin{bmatrix} \frac{2}{\alpha_B\alpha_S-1} & \frac{\alpha_B}{\alpha_B\alpha_S-1} + \frac{\alpha_S}{\alpha_B\alpha_S-1} \\ \frac{\alpha_B}{\alpha_B\alpha_S-1} + \frac{\alpha_S}{\alpha_B\alpha_S-1} & \frac{2}{\alpha_B\alpha_S-1} \end{bmatrix},$$

可知 $|A| = \frac{(2-\alpha_B+\alpha_S)(2+\alpha_B+\alpha_S)}{(-1+\alpha_B\alpha_S)^2}$ ； $|A| > 0$ 时，hessian 矩阵负定，平台 1 最优利

润在驻点处取得最大值，令偏导值为 0，得最优定价

$$p_{B2}^* = \frac{\alpha_S(-1+c-v\theta_B)+2(-1+c-v\theta_S)+\alpha_B^2(1-c+v\theta_S)+\alpha_B(1-c+v\theta_B+\alpha_S(1-c+v\theta_S))}{(-2+\alpha_B+\alpha_S)(2+\alpha_B+\alpha_S)},$$

$$p_{S2}^* = \frac{2(-1+c-v\theta_B)+\alpha_B(-1+c+\alpha_S(1-c+v\theta_B)-v\theta_S)+\alpha_S(1-c+\alpha_S(1-c+v\theta_B)+v\theta_S)}{(-2+\alpha_B+\alpha_S)(2+\alpha_B+\alpha_S)},$$

再将定价的最优值代入（1.9）得到规模的最优值

$$n_{B2}^* = \frac{\alpha_B(-1+c-v\theta_B)+\alpha_S(-1+c-v\theta_B)+2(-1+c-v\theta_S)}{(-2+\alpha_B+\alpha_S)(2+\alpha_B+\alpha_S)},$$

$$n_{S2}^* = \frac{2(-1+c-v\theta_B)+\alpha_B(-1+c-v\theta_S)+\alpha_S(-1+c-v\theta_S)}{(-2+\alpha_B+\alpha_S)(2+\alpha_B+\alpha_S)},$$

再将 p_{B2}^* 、 p_{S2}^* 、 n_{B2}^* 、 n_{S2}^* 代入(1.8)可得利润的最优值为:

$$\begin{aligned} \pi_2^* = & \frac{1}{(2-\alpha_B-\alpha_S)(2+\alpha_B+\alpha_S)} (2c(c-2(1+\kappa)) - \alpha_B + c\kappa\alpha_B^2 - \alpha_S + c\kappa\alpha_S^2 \\ & + \alpha_S(-1+c-v\theta_B)(-1+c-v\theta_S) + \alpha_B(2c\kappa\alpha_S + (-1+c \\ & -v\theta_B)(-1+c-v\theta_S)) + v(-2(-1+c)\theta_B + v\theta_B^2 + \theta_S(2-2c \\ & + v\theta_S))) \end{aligned}$$

由于驻点唯一,故当 $0 < \alpha_S < 2$ 且 $0 < \alpha_B < 2 - \alpha_S$ 时,平台2取得最优利润。

2.3 对比分析

推论 1

(1)当 $M>0$, $N>0$, $\Delta n_S^*>0$, $\Delta n_B^*>0$;

(2)当 $M<0$, $N<0$, $\Delta n_S^*<0$, $\Delta n_B^*<0$;

(3)当 $M<0$, $N>0$, $\Delta n_S^*<0$, $\Delta n_B^*>0$;

(4)当 $M>0$, $N<0$, $\Delta n_S^*>0$, $\Delta n_B^*<0$;

证明 其中 $\Delta n_B^* = n_{B2}^* - n_{B1}^* = \frac{(\alpha_B+\alpha_S)M+2N}{(2-\alpha_B-\alpha_S)(2+\alpha_B+\alpha_S)}$, $\Delta n_S^* = n_{S2}^* - n_{S1}^* = \frac{(\alpha_B+\alpha_S)N+2M}{(2-\alpha_B-\alpha_S)(2+\alpha_B+\alpha_S)}$, 由结果易证。

由上可知,当价值增值大于0时,市场外一部分潜在用户会加入平台,使得双边用户规模增加;反之,若价值增值小于0,用户规模会减小。两种情形下用户规模差异量与价值增值量成正相关关系,价值增值量越大,会吸引越多的潜在用户加入。

推论 2

(1)当 $0 < \alpha_S < 1, 0 < \alpha_B < 1$ 时, $\frac{\partial p_{S1}^*}{\partial \alpha_S} < 0, \frac{\partial p_{S1}^*}{\partial \alpha_B} > 0, \frac{\partial p_{B1}^*}{\partial \alpha_S} > 0, \frac{\partial p_{B1}^*}{\partial \alpha_B} < 0$;

(2)当 $0 < \alpha_S < 1, 1 < \alpha_B < 2 - \alpha_S$ 时, $\frac{\partial p_{S1}^*}{\partial \alpha_S} > 0, \frac{\partial p_{S1}^*}{\partial \alpha_B} > 0, \frac{\partial p_{B1}^*}{\partial \alpha_S} < 0, \frac{\partial p_{B1}^*}{\partial \alpha_B} < 0$;

(3)当 $1 < \alpha_S < 2, 0 < \alpha_B < 2 - \alpha_S$ 时, $\frac{\partial p_{S1}^*}{\partial \alpha_S} < 0, \frac{\partial p_{S1}^*}{\partial \alpha_B} < 0, \frac{\partial p_{B1}^*}{\partial \alpha_S} > 0, \frac{\partial p_{B1}^*}{\partial \alpha_B} > 0$;

证明 其中 $\frac{\partial p_{S1}^*}{\partial \alpha_S} = \frac{\alpha_B - 1}{(\alpha_B + \alpha_S - 2)^2}$, $\frac{\partial p_{S1}^*}{\partial \alpha_B} = \frac{1 - \alpha_S}{(\alpha_B + \alpha_S - 2)^2}$, $\frac{\partial p_{B1}^*}{\partial \alpha_S} = \frac{1 - \alpha_B}{(\alpha_B + \alpha_S - 2)^2}$, $\frac{\partial p_{B1}^*}{\partial \alpha_B} = \frac{\alpha_S - 1}{(\alpha_B + \alpha_S - 2)^2}$,

由结果易证。

由上可知,当双边交叉网络外部性处于不同范围时,平台最优定价决策不同。例如当双边交叉网络外部性均在(0,1)范围内波动时,对 S 端用户最优定价随着 S 端用户交叉网络外部性的增大而减小,随着 B 端用户交叉网络外部性的增大而增大;对 B 端用户最优定价随着 B 端用户交叉网络外部性的增大而减小,随着 S 端用户交叉网络外部性的增大而增大。当双边交叉网络外部性相差较大如 α_S 在(0,1)内波动, α_B 在(1,2)内波动,对 B 端用户最优定价随着双边交叉网络外部性的增大而减小,对 S 端用户最优定价随着双边交叉网络外部性的增大而增大。

推论 3

(1) 当 $0 < \alpha_B < 1$ 时,

表 2-1 当 $\alpha_B \in (0,1)$ 时, p_{S2}^* 、 p_{B2}^* 关于 θ_S 、 θ_B 的关系

	$0 < \alpha_S < \alpha_B$	$\alpha_B < \alpha_S < \frac{\sqrt{8+\alpha_B^2}}{2} - \frac{\alpha_B}{2}$	$\frac{\sqrt{8+\alpha_B^2}}{2} - \frac{\alpha_B}{2} < \alpha_S < 2 - \alpha_B$
$\frac{\partial p_{S2}^*}{\partial \theta_B}$	+	+	-
$\frac{\partial p_{S2}^*}{\partial \theta_S}$	+	-	-
$\frac{\partial p_{B2}^*}{\partial \theta_B}$	-	+	+
$\frac{\partial p_{B2}^*}{\partial \theta_S}$	+	+	+

(2) 当 $1 < \alpha_B < \sqrt{2}$ 时,

表 2-2 当 $\alpha_B \in (1, \sqrt{2})$ 时, p_{S2}^* 、 p_{B2}^* 关于 θ_S 、 θ_B 的关系

	$0 < \alpha_S < \frac{2-\alpha_B^2}{\alpha_B}$	$\frac{2-\alpha_B^2}{\alpha_B} < \alpha_S < 2 - \alpha_B$
$\frac{\partial p_{S2}^*}{\partial \theta_B}$	+	+
$\frac{\partial p_{S2}^*}{\partial \theta_S}$	+	+
$\frac{\partial p_{B2}^*}{\partial \theta_B}$	-	-
$\frac{\partial p_{B2}^*}{\partial \theta_S}$	+	-

(3) 当 $\sqrt{2} < \alpha_B < 2$, $0 < \alpha_S < 2 - \alpha_B$ 时, $\frac{\partial p_{S2}^*}{\partial \theta_B} > 0$, $\frac{\partial p_{S2}^*}{\partial \theta_S} > 0$, $\frac{\partial p_{B2}^*}{\partial \theta_B} < 0$, $\frac{\partial p_{B2}^*}{\partial \theta_S} < 0$ 。

证明 其中 $\frac{\partial p_{S2}^*}{\partial \theta_S} = \frac{v(\alpha_B - \alpha_S)}{(2 - \alpha_B - \alpha_S)(2 + \alpha_B + \alpha_S)}$, $\frac{\partial p_{S2}^*}{\partial \theta_B} = \frac{v(2 - \alpha_S^2 - \alpha_B \alpha_S)}{(2 - \alpha_B - \alpha_S)(2 + \alpha_B + \alpha_S)}$
 $\frac{\partial p_{B2}^*}{\partial \theta_S} = \frac{v(2 - \alpha_B^2 - \alpha_B \alpha_S)}{(2 - \alpha_B - \alpha_S)(2 + \alpha_B + \alpha_S)}$, $\frac{\partial p_{B2}^*}{\partial \theta_B} = \frac{v(\alpha_S - \alpha_B)}{(2 - \alpha_B - \alpha_S)(2 + \alpha_B + \alpha_S)}$, 由结果易证。

由上可知, 当双边交叉网络外部性相差较小时, 随着交叉网络外部性稍大一方采纳率的增大, 平台对该方的最优定价呈现降低趋势, 对交叉网络外部性稍小一方最优定价呈升高趋势。当双边网络外部性相差较大时, 平台对交叉网络外部性较大一方的最优定价随着双边采纳率增大而减小, 对交叉网络外部性较小一方的最优定价随着双边采纳率增大而增大。因此物流平台最优定价同时受到用户采纳率和交叉网络外部性的影响。平台应对交叉网络外部性大的一边用户降低价格, 刺激该边用户提高采纳率, 增加另一边的区块链服务采纳价值增量, 提高平台的利润。

推论 4

(1) 当 $M > 0$, $N > 0$ 时, 若 $0 < \alpha_B < 1$, $\alpha_B < \alpha_S < 2 - \alpha_B$, 则 $\Delta p_B^* > 0$, 当进一步满足条件

件 $\frac{\sqrt{8 + \alpha_B^2}}{2} - \frac{\alpha_B}{2} < \alpha_S < 2 - \alpha_B$ 时, $\Delta p_S^* < 0$;

(2) 当 $M > 0$, $N > 0$ 时, 若 $1 < \alpha_B < 2$, $0 < \alpha_S < 2 - \alpha_B$, 则 $\Delta p_S^* > 0$, 当进一步满足条件

$\sqrt{2} < \alpha_B < 2$ 时, $\Delta p_B^* < 0$;

证明 其中

$\Delta p_S^* = p_{S2}^* p_{S1}^* = \frac{M(2 - \alpha_S^2 - \alpha_B \alpha_S) + N(\alpha_B - \alpha_S)}{(2 - \alpha_B - \alpha_S)(2 + \alpha_B + \alpha_S)}$, $\Delta p_B^* = p_{B2}^* p_{B1}^* = \frac{N(2 - \alpha_B^2 - \alpha_B \alpha_S) + M(\alpha_S - \alpha_B)}{(2 - \alpha_B - \alpha_S)(2 + \alpha_B + \alpha_S)}$, 由结果易证得。

由推论 4 可知, 在价值增值量大于 0 的前提下, 平台会提高对交叉网络外部性较小一方的定价, 随着另一方交叉网络外部性继续增大, 使得双方交叉网络外部性强度相差更大时, 平台会降低对交叉网络外部性较大一方的定价。

推论 5

(1) 当 $0 < c < \frac{1}{2}[2 + \kappa(2 - \alpha_S - \alpha_B) + v(\theta_B + \theta_S) - \sqrt{Q}]$ 时, $\Delta \pi^* > 0$;

(2) 当 $M > 0$, $N > 0$ 时, $\frac{\partial \Delta \pi^*}{\partial \theta_B} > 0$, $\frac{\partial \Delta \pi^*}{\partial \theta_S} > 0$;

(3) 当 $v \geq 1$, $\theta_S \geq \frac{(c-2)c}{(c-1)v}$, $v + 2 > 2c + \sqrt{4 + v^2}$ 时, $\frac{\partial \Delta \pi^*}{\partial \alpha_B} = \frac{\partial \Delta \pi^*}{\partial \alpha_S} > 0$;

证明 其中

$$Q=4+\frac{-2\kappa(2+\kappa+\theta_S v+\theta_B v)(\alpha_B+\alpha_S)^2+(\theta_B-\theta_S)^2\{(4\kappa^2-v^2)(2-\alpha_B-\alpha_S)+\kappa^2[\alpha_B^2(\alpha_B+3\alpha_S)+\alpha_S^2(\alpha_S+3\alpha_B)]\}}{2+\alpha_B+\alpha_S}$$

$$\Delta\pi^* = \pi_2^* - \pi_1^* = \frac{(\alpha_B+\alpha_S)(MN+M+N)+(M+1)^2+(N+1)^2-2}{(2-\alpha_B-\alpha_S)(2+\alpha_B+\alpha_S)} - \kappa c,$$

$$\frac{\partial\Delta\pi^*}{\partial\alpha_B} = \frac{\partial\pi_2^*}{\partial\alpha_S} = \frac{(c-\theta_B v-\theta_S v)(c-1)+\theta_B\theta_S v^2-c}{(2-\alpha_B-\alpha_S)^2} - \frac{2v^2(\alpha_S+\alpha_B)(\theta_B-\theta_S)^2}{(2-\alpha_B-\alpha_S)^2(\alpha_S+\alpha_B+2)^2},$$

$$\frac{\partial\Delta\pi^*}{\partial\theta_B} = \frac{v[(\alpha_B+\alpha_S)(1+N)+2(1+M)]}{(2-\alpha_B-\alpha_S)(2+\alpha_B+\alpha_S)}, \quad \frac{\partial\Delta\pi^*}{\partial\theta_S} = \frac{v[(\alpha_B+\alpha_S)(1+M)+2(1+N)]}{(2-\alpha_B-\alpha_S)(2+\alpha_B+\alpha_S)}, \text{ 由结果易证。}$$

由推论 5 中(1)可知, 当采纳成本 c 小于一定阈值时, 用户采纳区块链服务对平台更有利。由推论 5 中(2)可知, 当价值增值量大于 0 时, 用户采纳区块链服务给平台带来的利润随着采纳率的增大而增大。由推论 5 中(3)可知, 当采纳成本 c 和效用增加系数 v 满足一定条件, 以及 S 端用户采纳率 θ_S 超过一定范围时, 平台获得的利润随着双边交叉网络外部性强度增大而增大。平台应致力于发展成熟区块链技术服务, 一方面将采纳成本降到较小范围, 另一方面增大价值增值量, 提高平台的利润。

为了更直观说明两种情形下网络货运平台的定价决策问题, 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 $c=0.1$, $\kappa=1.2$, $v=2$, $\theta_S, \theta_B \in [0,1]$ 时, 根据推论 3 可知, 当 $\alpha_B=0.5$, α_S 分别有 3 种不同范围, 即 $(0,0.5)$ 、 $(0.5,1.2)$ 、 $(1.2,1.5)$, 实验结果如图 2-1(a)-图 2-1(c); 当 $\alpha_B=1.1$, α_S 分别有 2 种不同范围, 即 $(0,0.7)$ 、 $(0.7,0.9)$, 实验结果如图 2-1(d)-图 2-1(e); 当 $\alpha_B=1.5$, $\alpha_S \in (0,0.5)$, 实验结果如图 2-1(f)。由图像可知, 当双方交叉网络外部性相差较小时, 随着交叉网络外部性稍大一方采纳率的增加, 平台会降低对该方的定价。当双方网络外部性相差较大时, 随着双方采纳率的升高, 平台总是倾向于对网络外部性较大一方降低定价甚至补贴。

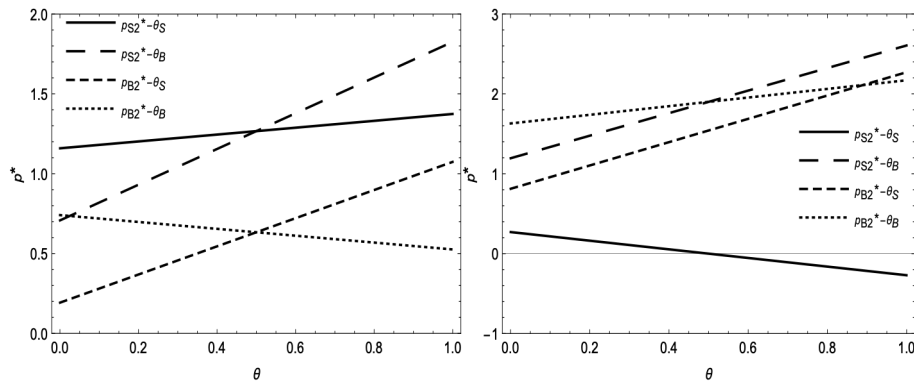


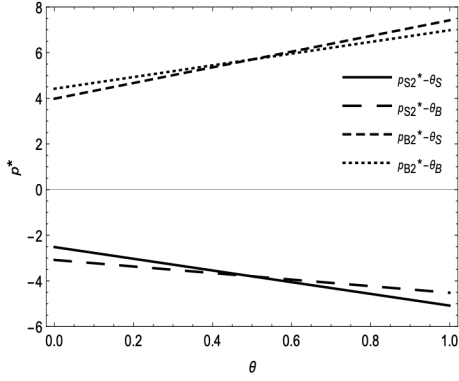
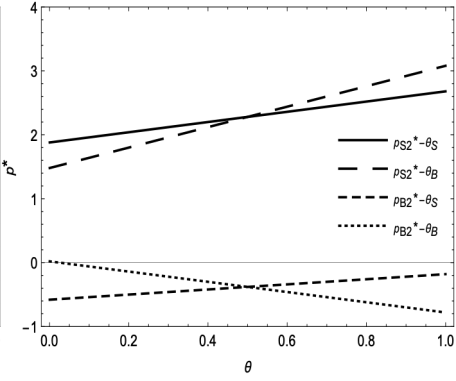
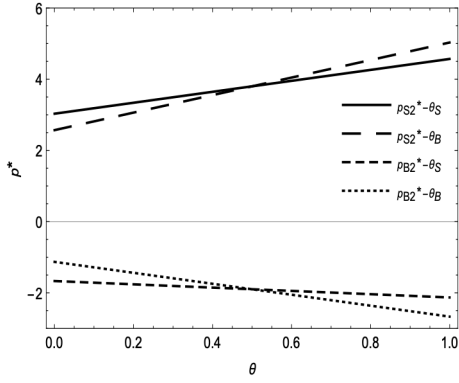
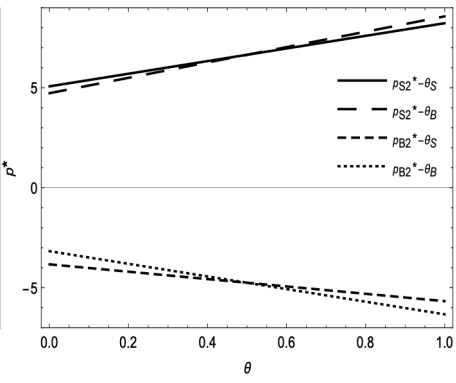
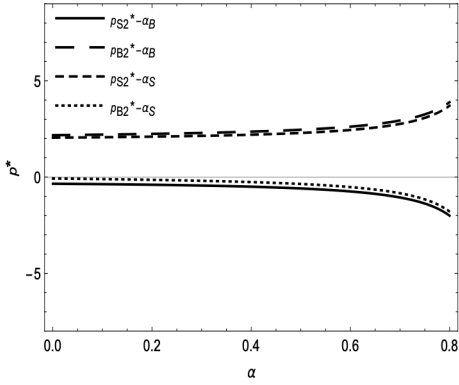
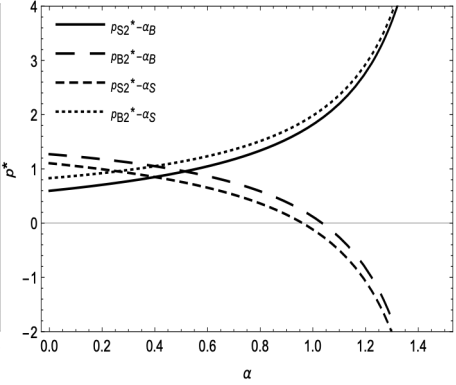
图 2-1(a) p_{S2}^* 、 p_{B2}^* 关于 θ_S 、 θ_B 的关系

 图 2-1(b) p_{S2}^* 、 p_{B2}^* 关于 θ_S 、 θ_B 的关系

 图 2-1(c) p_{S2}^* 、 p_{B2}^* 关于 θ_S 、 θ_B 的关系

 图 2-1(d) p_{S2}^* 、 p_{B2}^* 关于 θ_S 、 θ_B 的关系

 图 2-1(e) p_{S2}^* 、 p_{B2}^* 关于 θ_S 、 θ_B 的关系

 图 2-1(f) p_{S2}^* 、 p_{B2}^* 关于 θ_S 、 θ_B 的关系

 图 2-2(a) p_{S2}^* 、 p_{B2}^* 关于 a_S 、 a_B 的关系

 图 2-2(b) p_{S2}^* 、 p 关于 a_S 、 a_B 的关系

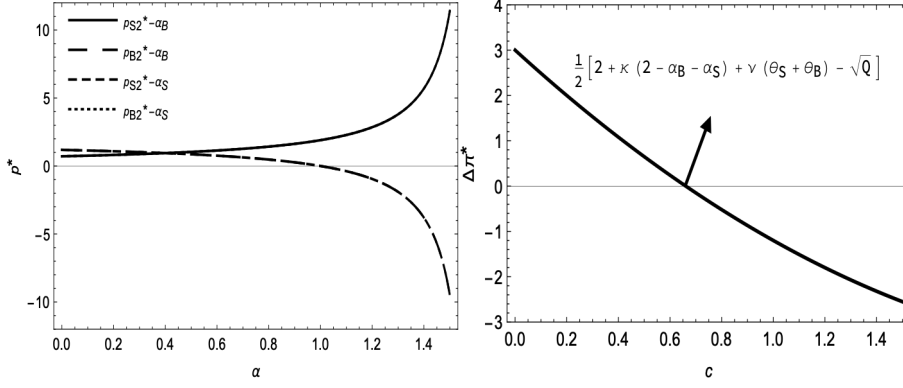
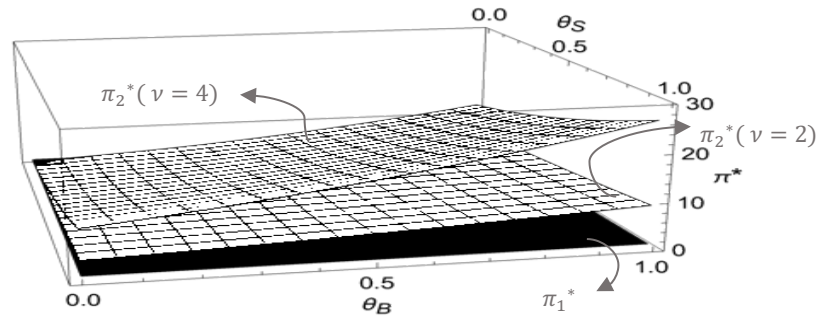

 图 2-2(c) p_{S2}^* 、 p_{B2}^* 关于 α_S 、 α_B 的关系

 图 2-3 $\Delta\pi^*$ 关于 c 的关系

当 $c=0.1$, $\kappa=1.2$, $v=2$, $\theta_B=0.4$, $\theta_S=0.6$ 时, 对比 α_S 、 $\alpha_B=1.1$ 与 α_S 、 $\alpha_B=0.4$, 结果如图 2-2(a) 与图 2-2(b), 最优定价还与双边用户交叉网络外部性相对大小有关, 平台倾向于对交叉网络外部性较大一方收取低价甚至补贴, 对交叉网络外部性较小一方收取高价。缩小双边采纳率的差异如 $\theta_B = \theta_S = 0.5$, 结果如图 2-2(c), 与图 2-2(a) 对比发现, 当双边采纳率较为接近, 平台对双边用户最优定价较为一致; 当缩小采纳率差异, 最优定价趋向一致。

当 $\theta_B=0.5$, $\theta_S=0.5$, $\alpha_S=0.5$, $\alpha_B=0.5$, $\kappa=1.2$, $v=2$, 数值分析结果如图 2-3, 发现最优利润随着采纳成本的增大而减小, 当采纳成本 c 处于较小范围时, 用户采纳区块链服务对平台更有利。


 图 2-4 π_1^* 、 π_2^* 关于 θ_S 、 θ_B 的关系

当 $\alpha_S=0.5$, $\alpha_B=0.6$, $c=0.1$, $\kappa=1.2$, θ_S 、 $\theta_B \in [0, 1]$ 时, 分别对 v 取值 2 和 4, 结果如图 2-4, 发现当区块链服务采纳的效用增加系数较低, 如 $v=2$ 时, 用户采纳区块链服务优利润增加量并不明显; 当效用增加系数较高, 如 $v=4$ 时, 采纳区块链服务后的最优利润得到了明显的提升。

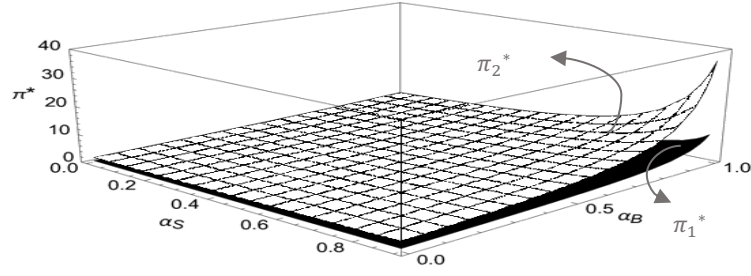


图 2-5 π_1^* 、 π_2^* 关于 α_S 、 α_B 的关系

当 $\theta_B=0.5$, $\theta_S=0.5$, $c=0.1$, $\kappa=1.2$, $v=2$, $\alpha_S \in [0, 0.9]$, $\alpha_B \in [0, 1]$ 时, 结果如图 2-5, 发现用户采纳区块链服务前后的最优利润与双边的交叉网络外部性均是正相关的, 平台的最优利润随着双边网络外部性的增大而增大。

2.4 本章小结

本章研究了垄断市场条件下用户不采纳和采纳区块链服务两种情形下物流平台的定价决策问题。通过比较与分析发现: (1) 当区块链服务采纳成本处于较小阈值内时, 用户采纳区块链服务对平台更有利, 反之会不利于平台。(2) 当用户采纳区块链服务后, 平台的定价决策受双边交叉网络外部性强度和采纳率的双重影响。随着交叉网络外部性较大一方采纳率的增大, 平台会降低对该方定价甚至补贴, 而提高对另一方定价; 当双方采纳率处于一定水平时, 平台倾向于向交叉网络外部性较大一方降低定价, 向另一方提高定价, 并且双方采纳率的差异程度会影响定价的差异程度。(3) 平台应对交叉网络外部性大的一边用户降低价格, 刺激该边用户提高采纳率, 增加另一边的区块链服务采纳价值增量, 提高平台的整体利润。平台也可以致力于降低区块链服务采纳成本, 促进采纳率的提升, 增加双边的价值增量, 提升整体利润。

第 3 章 静态竞争下物流平台区块链服务投资策略研究

在第 2 章的研究中,本文讨论了垄断市场条件下用户不采纳和采纳区块链服务两种情形下物流平台的定价决策问题。通过对均衡解进行分析,为垄断市场中平台的区块链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条件下,进一步对物流平台的区块链服务投资与定价问题展开讨论。

3.1 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,平台企业服务质量水平的重要性日益凸显。区块链服务以其独特的技术优势,成为解决平台痛点问题的重要工具。路歌平台利用区块链技术赋能物流行业,全量存证物流数据,提高数据公信力同时缩短业务审核时间,提高系统运作效率,提升用户体验,区块链服务已成为平台解决数据可信度低、服务困难等难点问题的重要工具。而在投资区块链服务前,物流平台需权衡投资效益与成本,并考虑竞争对手投资决策给自身带来的影响,在激烈的市场中如何有效选择投资策略成为平台获取竞争优势的关键问题。

本章以物流平台为出发点,综合考虑交叉网络外部性、区块链服务投资效益与成本因素的影响下,构建基于 Hotelling 模型的双寡头静态竞争型物流平台的区块链服务投资与定价模型,最终得到平台的占优投资策略、区块链服务投资意愿及其影响因素,以期为平台服务投资决策提供一定的参考意见。

3.2 模型构建与求解

市场中存在竞争型物流平台 1 和 2,平台分别为双边用户即物流服务需求方(B)、物流服务供应方(S)提供信息、促进交易等,带来用户效用的提升,但近年来由于信息造假事件频发,用户无法完全信任平台披露的信息,致使用户体验和服务水平受到影响^[3]。故平台为了进一步提升服务质量与运作能力,可以考虑投资区块链服务。本研究基本假设如下:

(1) 假设平台 1 与 2 均匀分布在线性城市 $[0, 1]$ 两端, $x, y \in (0, 1)$ 分别表示 B 方、S 方用户到端点的距离, $f > 0$ 为用户到平台的单位运输成本即平台间的横向差异; 当用户接入平台时, 平台向用户收取费用 $p_{\alpha\beta}^{ij}$, 其中上标 $i, j \in \{N, I\}$ 分别表示平台 1、2 的策略, N 为不投资区块链服务, I 为投资区块链服务, 下标 $\alpha \in \{B, S\}$ 表示 B 或 S 端用户, $\beta \in \{1, 2\}$ 表示用户归属于 1 或 2 平台。

(2) 假设 θ 表示平台双边的交叉网络外部性强度, $\theta > 0$ 表明该交叉网络外部性强度为正, 即一边用户数量越多, 对另一边用户更有利, 平台一边用户加入平台数量随着另一边用户数量的增加而增加, 效用也随之增加。

(3) 假设未投资区块链服务前用户对平台所披露信息的信任程度为 δ , 其中 $0 < \delta < 1$, 当 δ 越大时, 用户越相信平台披露的信息, 即披露信息带来的效用越大。当平台投资区块链服务后, 由于区块链技术特性使信息不可篡改, 故用户对平台披露信息的信任程度变为 1, 将 $1 - \delta$ 定义为区块链服务投资带来的信任增益。

(4) 不同信息披露量会对用户效用造成不同的影响^[61]。假设两个平台披露的信息量为 $m_1, m_2 \in (0, 1)$, 且处于不同水平, 为了不失一般性, 令为 $m_1 > m_2$ 。

(5) 假设投资区块链服务前平均交易等待时间为 T , 投资区块链服务后时间变为 t , 有 $T > t$ ^[62], 京东物流平台投资智臻链防伪服务后, 产品溯源时间缩短。将 $T - t$ 定义为区块链服务投资的时间效益, 二者差值越大, 代表由区块链服务投资带来的时间效益越大。

(6) 由于区块链服务的前期研发、部署成本巨大, 投入使用后的运营与维护成本较小, 为简化运算, 仅考虑区块链服务投资固定成本, 令为 c 。

为清晰说明模型设定, 将涉及的参数汇总至表 3-1。

表 3-1 参数定义

参数	含义
$p_{\alpha\beta}^{ij}$	不同情形下平台对双边用户的定价($\alpha \in \{B, S\}; \beta \in \{1, 2\}; i, j \in \{N, I\}$)
$n_{\alpha\beta}^{ij}$	不同情形下用户规模
$U_{\alpha\beta}^{ij}$	不同情形下用户效用
θ	交叉网络外部性
m_{β}	平台 β 披露的信息量
δ	投资区块链服务前用户对平台披露信息的信任程度

T, t	区块链服务投资前后系统平均交易等待时间
f	用户接入平台的单位运输成本
π_{β}^{ij}	不同情形下平台 β 的利润
c	区块链服务投资固定成本

根据平台 1、2 的投资决策，会有 4 种可能：双方均不投资、平台 1 投资平台 2 不投资、平台 1 不投资平台 2 投资、双方均投资，分别对应 NN 情形、IN 情形、NI 情形、II 情形。本节将分别构建 4 种投资组合下平台间 Hotelling 博弈决策模型，博弈决策矩阵见表 3-2。

具体博弈顺序如图 3-1，其中第一阶段，平台 1、2 根据现有市场信息制定区块链服务投资与定价策略；第二阶段，用户根据平台 1、2 提供的信息选择平台 1 或 2 加入，图中①、②分别表示博弈第一阶段、第二阶段。

表3-2 决策矩阵

	平台 2	
平台 1	(N, N)	(N, I)
	(I, N)	(I, I)

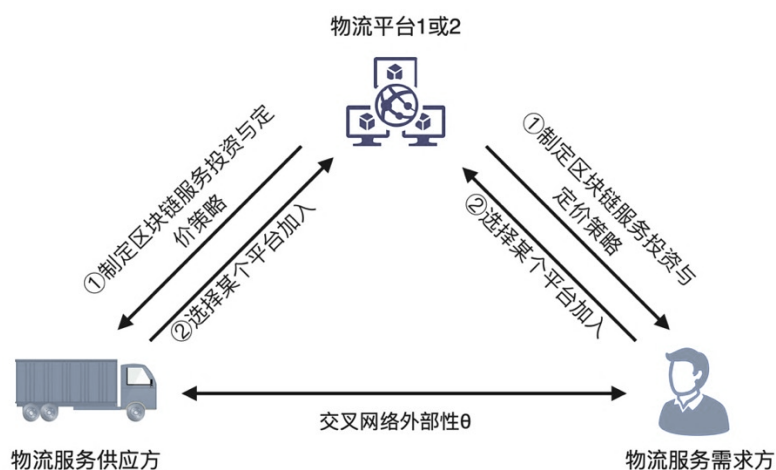


图3-1 静态博弈顺序

3.2.1 双方不投资区块链情形

3.2.1.1 NN 情形

在该情形下，平台 1 与 2 均不投资区块链服务，无需支付投资固定成本，交易时间为 T ，用户对平台披露信息的信任度为 δ 。

双边用户效用可表示为：

$$U_{S1}^{NN} = \theta n_{B1}^{NN} - p_{S1}^{NN} - T + \delta m_1 - fx \quad (2.1)$$

$$U_{S2}^{NN} = \theta n_{B2}^{NN} - p_{S2}^{NN} - T + \delta m_2 - f(1-x) \quad (2.2)$$

$$U_{B1}^{NN} = \theta n_{S1}^{NN} - p_{B1}^{NN} - T + \delta m_1 - fy \quad (2.3)$$

$$U_{B2}^{NN} = \theta n_{S2}^{NN} - p_{B2}^{NN} - T + \delta m_2 - f(1-y) \quad (2.4)$$

两平台的利润可表示为：

$$\pi_1^{NN} = n_{B1}^{NN} p_{B1}^{NN} + n_{S1}^{NN} p_{S1}^{NN} \quad (2.5)$$

$$\pi_2^{NN} = n_{B2}^{NN} p_{B2}^{NN} + n_{S2}^{NN} p_{S2}^{NN} \quad (2.6)$$

命题1 在NN情形下，两平台均衡时的最优规模、最优定价和最优利润分别为：

$$n_{S1}^{NN*} = n_{B1}^{NN*} = \frac{3f-3\theta+\delta m_1-\delta m_2}{6f-6\theta}; \quad n_{S2}^{NN*} = n_{B2}^{NN*} = \frac{3f-3\theta-\delta m_1+\delta m_2}{6f-6\theta}$$

$$p_{S1}^{NN*} = p_{B1}^{NN*} = f - \theta + \frac{1}{3}\delta(m_1 - m_2); \quad p_{S2}^{NN*} = p_{B2}^{NN*} = f - \theta + \frac{1}{3}\delta(m_2 - m_1)$$

$$\pi_1^{NN*} = \frac{(3f-3\theta+\delta m_1-\delta m_2)^2}{9(f-\theta)}; \quad \pi_2^{NN*} = \frac{(3f-3\theta-\delta m_1+\delta m_2)^2}{9(f-\theta)}$$

证明 参考 Hagiu 等人^[39]关于效用无差异点的性质，用户根据两平台提供的信息进行权衡，选择所获效用较大的平台加入。联立 (2.1) 与 (2.2)，可得 S 端用户在两平台间的无差异点 x^* ，同理联立 (2.3) 与 (2.4)，可得 B 端用户在两平台间的无差异点 y^* ，在双边用户单归属的条件下， $n_{S1}^{NN} = x^*$, $n_{B1}^{NN} = y^*$, $n_{S2}^{NN} = 1 - x^*$, $n_{B2}^{NN} = 1 - y^*$ ，将规模带入式 (2.5) 与 (2.6)，得到平台 1 与 2 的利润目标函数，同时对 π_1^{NN} 求解关于 p_{B1}^{NN} 、 p_{S1}^{NN} 的一阶偏导数，对 π_2^{NN} 求解关于 p_{B2}^{NN} 、 p_{S2}^{NN} 的一阶偏导数，联立以上偏导数并令为 0，可得两个平台对双边用户均衡定价，又因为当满足 $f - \theta > 0$ 时，Hessian 矩阵负定，此时两平台利润达到最大。

推论1

$$(1) \frac{\partial p_{S1}^{NN*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B1}^{NN*}}{\partial \delta} > 0, \quad \frac{\partial p_{S2}^{NN*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B2}^{NN*}}{\partial \delta} < 0;$$

$$(2) \text{当 } f - \theta > 0 \text{ 时, } \frac{\partial \pi_1^{NN*}}{\partial \delta} > 0;$$

$$(3) \text{当 } f - \theta > \frac{1}{3}\delta(m_1 - m_2) \text{ 时, } \frac{\partial \pi_2^{NN*}}{\partial \delta} < 0; \text{ 当 } 0 < f - \theta < \frac{1}{3}\delta(m_1 - m_2) \text{ 时, } \frac{\partial \pi_2^{NN*}}{\partial \delta} > 0;$$

$$\text{证明 } \frac{\partial p_{S1}^{NN*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B1}^{NN*}}{\partial \delta} = \frac{1}{3}(m_1 - m_2), \quad \frac{\partial p_{S2}^{NN*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B2}^{NN*}}{\partial \delta} = \frac{1}{3}(m_2 - m_1);$$

$$\frac{\partial \pi_1^{NN*}}{\partial \delta} = \frac{2(m_1 - m_2)(3f - 3\theta + \delta m_1 - \delta m_2)}{9(f - \theta)}; \frac{\partial \pi_2^{NN*}}{\partial \delta} = \frac{2(-m_1 + m_2)(3f - 3\theta - \delta m_1 + \delta m_2)}{9(f - \theta)}, \text{ 由结果易证。}$$

由推论 1 (1)、(2) 可知, 当两平台均不投资区块链服务时, 信任度 δ 的提升更有利于平台 1, 平台 1 披露较多的信息产生更多的用户效用增加量, 平台提高用户定价从而获得更高的利润; 平台 2 披露信息较少, 信任度 δ 的提升使得平台 2 降低定价以维持竞争优势。由推论 1 (3) 可知, 平台 2 利润的综合变化结果取决于平台间差异程度 $f - \theta$ 的大小, 当差异程度较小如不超过阈值 $\frac{1}{3}\delta(m_1 - m_2)$ 时, 用户由平台 2 转移到平台 1 所获效用增加量较小, 不会引发用户转移意愿, 平台 2 利润随着信任度的提升而增大; 当差异程度较大如超过阈值 $\frac{1}{3}\delta(m_1 - m_2)$ 时, 引发用户产生转移意愿, 平台 2 利润随着信任度的提升而减小。

3.2.2 一方不投资区块链情形

3.2.2.1 IN 情形

在该情形下, 平台 1 投资区块链服务, 用户对平台 1 披露信息的信任程度变为 1, 交易时长缩短为 t , 平台 1 需支付投资固定成本 c 。

双边用户效用可表示为:

$$U_{S1}^{IN} = \theta n_{B1}^{IN} - p_{S1}^{IN} - t + m_1 - fx \quad (2.7)$$

$$U_{S2}^{IN} = \theta n_{B2}^{IN} - p_{S2}^{IN} - T + \delta m_2 - f(1 - x) \quad (2.8)$$

$$U_{B1}^{IN} = \theta n_{S1}^{IN} - p_{B1}^{IN} - t + m_1 - fy \quad (2.9)$$

$$U_{B2}^{IN} = \theta n_{S2}^{IN} - p_{B2}^{IN} - T + \delta m_2 - f(1 - y) \quad (2.10)$$

两平台的利润可表示为:

$$\pi_1^{IN} = n_{B1}^{IN} p_{B1}^{IN} + n_{S1}^{IN} p_{S1}^{IN} - c \quad (2.11)$$

$$\pi_2^{IN} = n_{B2}^{IN} p_{B2}^{IN} + n_{S2}^{IN} p_{S2}^{IN} \quad (2.12)$$

命题2 在IN情形下, 两平台均衡时的最优规模、最优定价和最优利润分别为:

$$n_{S1}^{IN*} = n_{B1}^{IN*} = \frac{3f - t + T - 3\theta + m_1 - \delta m_2}{6f - 6\theta}; n_{S2}^{IN*} = n_{B2}^{IN*} = \frac{3f + t - T - 3\theta - m_1 + \delta m_2}{6f - 6\theta}$$

$$p_{S1}^{IN*} = p_{B1}^{IN*} = \frac{1}{3}(3f - t + T - 3\theta + m_1 - \delta m_2); p_{S2}^{IN*} = p_{B2}^{IN*} = \frac{1}{3}(3f + t - T - 3\theta - m_1 + \delta m_2)$$

$$\pi_1^{IN*} = \frac{(3f - t + T - 3\theta + m_1 - \delta m_2)^2}{9(f - \theta)} - c; \pi_2^{IN*} = \frac{(3f + t - T - 3\theta - m_1 + \delta m_2)^2}{9(f - \theta)}$$

证明 联立 (2.7) 与 (2.8), 可得 S 端用户在两平台间的无差异点 x^* , 同理联立

(2.9) 与 (2.10), 可得 B 端用户在两平台间的无差异点 y^* , 在双边用户单归属

的条件下, $n_{S1}^{IN} = x^*, n_{B1}^{IN} = y^*, n_{S2}^{IN} = 1 - x^*, n_{B2}^{IN} = 1 - y^*$, 将规模带入式 (2.11)

与 (2.12)，得到平台 1 与 2 的利润目标函数，同时对 π_1^{IN} 求解关于 p_{B1}^{IN} 、 p_{S1}^{IN} 的一阶偏导数，对 π_2^{IN} 求解关于 p_{B2}^{IN} 、 p_{S2}^{IN} 的一阶偏导数，联立以上偏导数并令为 0，可得两个平台对双边用户均衡定价，又因为当满足 $f - \theta > 0$ 时，Hessian 矩阵负定，此时两平台利润达到最大。

推论2

$$(1) \frac{\partial p_{S1}^{\text{IN}*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B1}^{\text{IN}*}}{\partial \delta} < 0, \frac{\partial p_{S2}^{\text{IN}*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B2}^{\text{IN}*}}{\partial \delta} > 0;$$

$$(2) \text{当 } f - \theta > 0 \text{ 时, } \frac{\partial \pi_1^{\text{IN}*}}{\partial \delta} < 0; \text{当 } f - \theta > \frac{1}{3}(T - t + m_1 - \delta m_2) \text{ 时, } \frac{\partial \pi_2^{\text{IN}*}}{\partial \delta} < 0;$$

$$\text{当 } f - \theta < \frac{1}{3}(T - t + m_1 - \delta m_2) \text{ 时, } \frac{\partial \pi_2^{\text{IN}*}}{\partial \delta} > 0;$$

$$\text{证明 } \frac{\partial p_{S1}^{\text{IN}*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B1}^{\text{IN}*}}{\partial \delta} = -\frac{m_2}{3}, \frac{\partial p_{S2}^{\text{IN}*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B2}^{\text{IN}*}}{\partial \delta} = \frac{m_2}{3}, \frac{\partial \pi_1^{\text{IN}*}}{\partial \delta} = -\frac{2m_2(3f-3\theta+T-t+m_1-\delta m_2)}{9(f-\theta)},$$

$$\frac{\partial \pi_2^{\text{IN}*}}{\partial \delta} = \frac{2m_2(3f+t-T-3\theta-m_1+\delta m_2)}{9(f-\theta)}, \text{由结果易证。}$$

由上可知，当平台 1 投资区块链服务而平台 2 未投资时，随着用户对披露信息信任度 δ 的提升，平台 1 投资区块链服务的信任增益减小，即投资区块链服务优势减弱，平台 1 降低用户定价以维持竞争优势，利润随着信任度的提升而减小；平台 2 不投资区块链服务优势随着 δ 的提升而增强，平台 2 可提高用户定价以获得更高的利润，信任度 δ 对利润的综合影响结果取决于平台间差异程度 $f - \theta$ 的大小，当差异程度较大如超过阈值 $\frac{1}{3}(T - t + m_1 - \delta m_2)$ 时，转移到平台 1 所获效用增加量较大，引发用户转移意愿，平台 2 利润随着信任度的提升而减小；当差异程度较小如不超过阈值 $\frac{1}{3}(T - t + m_1 - \delta m_2)$ 时，不会引发用户产生转移意愿，平台 2 利润随着信任度的提升而增大。

3.2.2.2 NI 情形

在该情形下，平台 1 不投资区块链服务，平台 2 投资区块链服务，用户对平台 2 披露信息的信任程度 δ 变为 1，交易时长缩短为 t ，需支付投资固定成本 c ，双边用户效用可表示为：

$$U_{S1}^{\text{NI}} = \theta n_{B1}^{\text{NI}} - p_{S1}^{\text{NI}} - T + \delta m_1 - fx \quad (2.13)$$

$$U_{S2}^{\text{NI}} = n_{B2}^{\text{NI}} - p_{S2}^{\text{NI}} - t + m_2 - f(1-x) \quad (2.14)$$

$$U_{B1}^{\text{NI}} = \theta n_{S1}^{\text{NI}} - p_{B1}^{\text{NI}} - T + \delta m_1 - fy \quad (2.15)$$

$$U_{B2}^{NI} = \theta n_{S2}^{NI} - p_{B2}^{NI} - t + m_2 - f(1 - y) \quad (2.16)$$

两平台的利润可表示为:

$$\pi_1^{NI} = n_{B1}^{NI} p_{B1}^{NI} + n_{S1}^{NI} p_{S1}^{NI} \quad (2.17)$$

$$\pi_2^{NI} = n_{B2}^{NI} p_{B2}^{NI} + n_{S2}^{NI} p_{S2}^{NI} - c \quad (2.18)$$

命题3 在NI情形下, 两平台均衡时的最优规模、最优定价和最优利润分别为:

$$n_{S1}^{NI*} = n_{B1}^{NI*} = \frac{3f+t-T-3\theta+\delta m_1-m_2}{6f-6\theta}; \quad n_{S2}^{NI*} = n_{B2}^{NI*} = \frac{3f-t+T-3\theta-\delta m_1+m_2}{6f-6\theta}$$

$$p_{S1}^{NI*} = p_{B1}^{NI*} = \frac{1}{3}(3f+t-T-3\theta+\delta m_1-m_2);$$

$$p_{S2}^{NI*} = p_{B2}^{NI*} = \frac{1}{3}(3f-t+T-3\theta-\delta m_1+m_2)$$

$$\pi_1^{NI*} = \frac{(3f+t-T-3\theta+\delta m_1-m_2)^2}{9(f-\theta)}; \quad \pi_2^{NI*} = \frac{(3f-t+T-3\theta-\delta m_1+m_2)^2}{9(f-\theta)} - c$$

证明 联立 (2.13) 与 (2.14), 可得 S 端用户在两平台间的无差异点 x^* , 同理联立 (2.15) 与 (2.16), 可得 B 端用户在两平台间的无差异点 y^* , 在双边用户单归属的条件下, $n_{S1}^{NI} = x^*, n_{B1}^{NI} = y^*, n_{S2}^{NI} = 1 - x^*, n_{B2}^{NI} = 1 - y^*$, 将规模带入式

(2.17) 与 (2.18), 得到平台 1 与 2 的利润目标函数, 同时对 π_1^{NI} 求解关于 p_{B1}^{NI} 、 p_{S1}^{NI} 的一阶偏导数, 对 π_2^{NI} 求解关于 p_{B2}^{NI} 、 p_{S2}^{NI} 的一阶偏导数, 联立以上偏导数并令为 0, 可得两个平台对双边用户均衡定价, 又因为当满足 $f - \theta > 0$ 时, Hessian 矩阵负定, 此时两平台利润达到最大。

推论3

$$(1) \quad \frac{\partial p_{S1}^{NI*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B1}^{NI*}}{\partial \delta} > 0, \quad \frac{\partial p_{S2}^{NI*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B2}^{NI*}}{\partial \delta} < 0;$$

$$(2) \quad \text{当 } m_1 \leq T - t, f - \theta > \frac{1}{3}(T - t - \delta m_1 + m_2) \text{ 时, } \frac{\partial \pi_1^{NI*}}{\partial \delta} > 0; \text{ 当 } f - \theta > 0, \\ m_1 \leq T - t + m_2 \text{ 时, } \frac{\partial \pi_2^{NI*}}{\partial \delta} < 0;$$

$$\text{证明 } \frac{\partial p_{S1}^{NI*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B1}^{NI*}}{\partial \delta} = \frac{m_1}{3}; \quad \frac{\partial p_{S2}^{NI*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B2}^{NI*}}{\partial \delta} = -\frac{m_1}{3}; \quad \frac{\partial \pi_1^{NI*}}{\partial \delta} = \frac{2m_1(3f+t-T-3\theta+\delta m_1-m_2)}{9(f-\theta)};$$

$$\frac{\partial \pi_2^{NI*}}{\partial \delta} = -\frac{2m_1(3f-t+T-3\theta-\delta m_1+m_2)}{9(f-\theta)}, \text{ 由结果易证。}$$

在NI情形下, 随着信任度 δ 的升高, 平台2投资区块链服务的优势减弱, 平台1不投资区块链服务的优势增强, 两平台为了利润最大化目标采取不同的定价策略, 平台1提高定价, 平台2降低定价。当平台间差异程度超过一定阈值时, 即使平台1披露信息量较少, 利润亦随着 δ 的提升而增大, 平台2的利润随着信任度 δ 的

提升而减小。

3.2.3 双方投资区块链情形

3.2.3.1 II 情形

在该情形下，平台 1 与 2 均投资区块链服务，用户对平台披露信息的信任程度 δ 均变为 1，交易时长均缩短为 t ，两平台需支付投资固定成本 c 。

双边用户效用可表示为：

$$U_{S1}^{II} = \theta n_{B1}^{II} - p_{S1}^{II} - t + m_1 - fx \quad (2.19)$$

$$U_{S2}^{II} = \theta n_{B2}^{II} - p_{S2}^{II} - t + m_2 - f(1-x) \quad (2.20)$$

$$U_{B1}^{II} = \theta n_{S1}^{II} - p_{B1}^{II} - t + m_1 - fy \quad (2.21)$$

$$U_{B2}^{II} = \theta n_{S2}^{II} - p_{B2}^{II} - t + m_2 - f(1-y) \quad (2.22)$$

两平台的利润可表示为：

$$\pi_1^{II} = n_{B1}^{II} p_{B1}^{II} + n_{S1}^{II} p_{S1}^{II} - c \quad (2.23)$$

$$\pi_2^{II} = n_{B2}^{II} p_{B2}^{II} + n_{S2}^{II} p_{S2}^{II} - c \quad (2.24)$$

命题 4 在 II 情形下，两平台均衡时的最优规模、最优定价和最优利润分别为：

$$n_{S1}^{II*} = n_{B1}^{II*} = \frac{3f-3\theta+m_1-m_2}{6f-6\theta}; \quad n_{S2}^{II*} = n_{B2}^{II*} = \frac{3f-3\theta-m_1+m_2}{6f-6\theta}$$

$$p_{S1}^{II*} = p_{B1}^{II*} = \frac{1}{3}(3f-3\theta+m_1-m_2); \quad p_{S2}^{II*} = p_{B2}^{II*} = \frac{1}{3}(3f-3\theta-m_1+m_2)$$

$$\pi_1^{II*} = \frac{(3f-3\theta+m_1-m_2)^2}{9(f-\theta)} - c; \quad \pi_2^{II*} = \frac{(3f-3\theta-m_1+m_2)^2}{9(f-\theta)} - c$$

证明 联立 (2.19) 与 (2.20)，可得 S 端用户在两平台间的无差异点 x^* ，同理联立 (2.21) 与 (2.22)，可得 B 端用户在两平台间的无差异点 y^* ，在双边用户单归属的条件下， $n_{S1}^{II} = x^*, n_{B1}^{II} = y^*, n_{S2}^{II} = 1-x^*, n_{B2}^{II} = 1-y^*$ ，将规模带入式

(2.23) 与 (2.24)，得到平台 1 与 2 的利润目标函数，同时对 π_1^{II} 求解关于 p_{B1}^{II} 、 p_{S1}^{II} 的一阶偏导数，对 π_2^{II} 求解关于 p_{B2}^{II} 、 p_{S2}^{II} 的一阶偏导数，联立以上偏导数并令为 0，可得两个平台对双边用户均衡定价，又因为当满足 $f-\theta > 0$ 时，Hessian 矩阵负定，此时两平台利润达到最大。当两平台均投资区块链服务，用户对于信息信任度 δ 均变为 1，不再影响两平台定价与利润。

推论 4 $n_{S1}^{ij*} = n_{B1}^{ij*}; n_{S2}^{ij*} = n_{B2}^{ij*}; p_{S1}^{ij*} = p_{B1}^{ij*}; p_{S2}^{ij*} = p_{B2}^{ij*};$

证明 由上述命题结果易证。

在相同情形下，同一平台双边用户最优规模、最优定价均相同。

3.3 对比分析

根据上述内容中两平台间博弈均衡结果，可得表 3-3 收益矩阵。

表 3-3 收益矩阵

	平台 2	
平台 1	$(\pi_1^{NN*}, \pi_2^{NN*})$	$(\pi_1^{NI*}, \pi_2^{NI*})$
	$(\pi_1^{IN*}, \pi_2^{IN*})$	$(\pi_1^{II*}, \pi_2^{II*})$

为研究平台投资区块链服务的动机及其影响因素，两两对比分析以上四种情形，共有以下四种组合：NN 与 IN 情形对比、NI 与 II 情形对比、NN 与 NI 情形对比、IN 与 II 情形对比。

1) NN 与 IN 情形对比

推论 5

(1) 当 $f - \theta > 0$ 时， $n_{S1}^{IN*} - n_{S1}^{NN*} = n_{B1}^{IN*} - n_{B1}^{NN*} > 0$ ， $n_{S2}^{NI*} - n_{S2}^{NN*} = n_{B2}^{NI*} - n_{B2}^{NN*} < 0$;

(2) $p_{S1}^{NI*} - p_{S1}^{NN*} = p_{B1}^{NI*} - p_{B1}^{NN*} > 0$ ， $p_{S2}^{NI*} - p_{S2}^{NN*} = p_{B2}^{NI*} - p_{B2}^{NN*} < 0$;

(3) 当 $f - \theta > 0$ 时， $\pi_1^{IN*} - \pi_1^{NN*} > 0$;

证明 $n_{S1}^{IN*} - n_{S1}^{NN*} = n_{B1}^{IN*} - n_{B1}^{NN*} = \frac{T-t+(1-\delta)m_1}{6(f-\theta)}$ ； $n_{S2}^{NI*} - n_{S2}^{NN*} = n_{B2}^{NI*} - n_{B2}^{NN*} = -\frac{T-t+(1-\delta)m_1}{6(f-\theta)}$ ； $p_{S1}^{NI*} - p_{S1}^{NN*} = p_{B1}^{NI*} - p_{B1}^{NN*} = \frac{1}{3}(T-t+(1-\delta)m_1)$ ； $p_{S2}^{NI*} - p_{S2}^{NN*} = p_{B2}^{NI*} - p_{B2}^{NN*} = -\frac{1}{3}(T-t+(1-\delta)m_1)$ ； $\pi_1^{IN*} - \pi_1^{NN*} = \frac{(T-t+(1-\delta)m_1)(6f-6\theta+T-t+(1+\delta)m_1-2\delta m_2)}{9(f-\theta)} - c$ ，其中 $T-t > 0$ ， $m_1 > m_2$ ， $0 < \delta < 1$ ， $(1+\delta)m_1 - 2\delta m_2 = m_1 - \delta m_2 + \delta(m_1 - m_2) > 0$ ，故由结果易证。

为了探究成本以外因素对区块链服务投资的影响，参考吉清凯等^[63]、Shen 等^[64]、Niu 等^[65]的文章令投资固定成本 $c = 0$ ，并在后续拓展分析中讨论 c 大于 0 的情况。

由上可知，当平台 2 不投资区块链服务时，平台 1 投资区块链服务后用户规模增长，定价升高，从而获得更高的利润。利润增长程度与投资区块链服务的

时间效益和信任增益成正比；平台 1 投资区块链服务后使得平台 2 竞争优势减弱，导致用户规模、定价、利润均降低。

2) NI 与 NN 情形对比

推论 6

- (1) 当 $f - \theta > 0$ 时, $n_{S1}^{NI*} - n_{S1}^{NN*} = n_{B1}^{NI*} - n_{B1}^{NN*} < 0$; $n_{S2}^{NI*} - n_{S2}^{NN*} = n_{B2}^{NI*} - n_{B2}^{NN*} > 0$;
 (2) $p_{S1}^{NI*} - p_{S1}^{NN*} = p_{B1}^{NI*} - p_{B1}^{NN*} < 0$; $p_{S2}^{NI*} - p_{S2}^{NN*} = p_{B2}^{NI*} - p_{B2}^{NN*} > 0$;
 (3) ①当 $f - \theta > 0$, $m_1 < F_2(m_2)$ 时, $\pi_2^{NI*} - \pi_2^{NN*} > 0$; ②当 $f - \theta > 0$, $m_1 > F_2(m_2)$ 时, $\pi_2^{NI*} - \pi_2^{NN*} > 0$, 其中 $F_2(m_2) = \frac{6f-6\theta+T-t+m_2+\delta m_2}{2\delta}$

证明 $n_{S1}^{NI*} - n_{S1}^{NN*} = n_{B1}^{NI*} - n_{B1}^{NN*} = -\frac{T-t+(1-\delta)m_2}{6(f-\theta)}$; $n_{S2}^{NI*} - n_{S2}^{NN*} = n_{B2}^{NI*} - n_{B2}^{NN*} = \frac{T-t+(1-\delta)m_2}{6(f-\theta)}$; $p_{S1}^{NI*} - p_{S1}^{NN*} = p_{B1}^{NI*} - p_{B1}^{NN*} = -\frac{1}{3}(T-t+(1-\delta)m_2)$; $p_{S2}^{NI*} - p_{S2}^{NN*} = p_{B2}^{NI*} - p_{B2}^{NN*} = \frac{1}{3}(T-t+(1-\delta)m_2)$; $\pi_2^{NI*} - \pi_2^{NN*} = -\frac{(t-T+(-1+\delta)m_2)(6f-t+T-6\theta-2\delta m_1+(1+\delta)m_2)}{9(f-\theta)}$,

由结果易证。

由上述内容可知，当平台 1 不投资区块链服务时，平台 2 投资后双边用户规模与定价均升高，平台 1 双边用户规模与定价均降低。当且仅当竞争对手平台 1 披露信息量处于较小阈值时，平台 2 投资区块链服务决策更优。

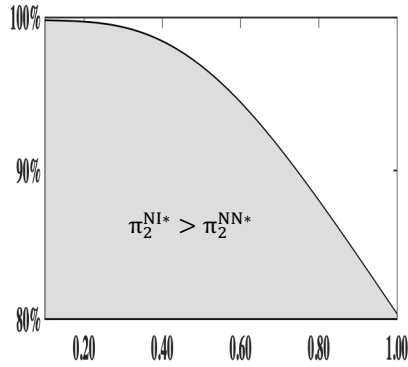


图 3-2(a) δ 对投资意愿的影响

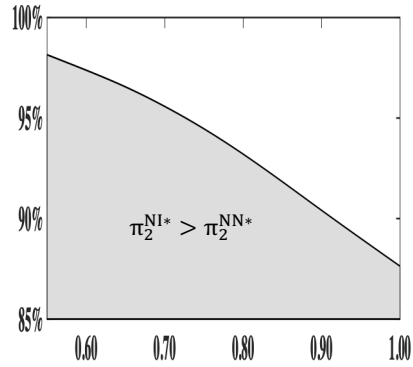


图 3-2(b) m_1 对投资意愿的影响

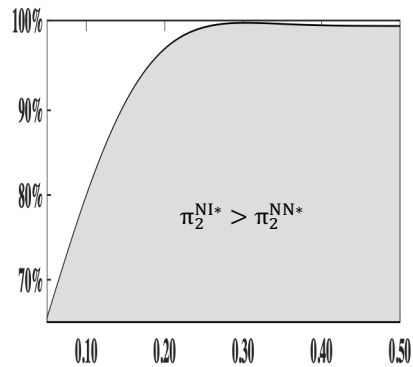
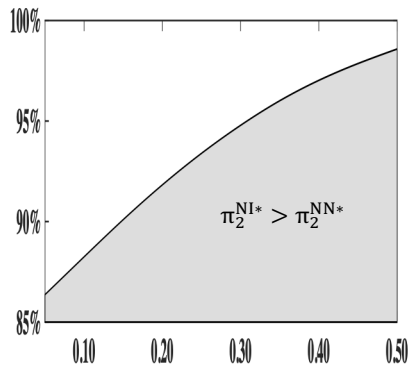


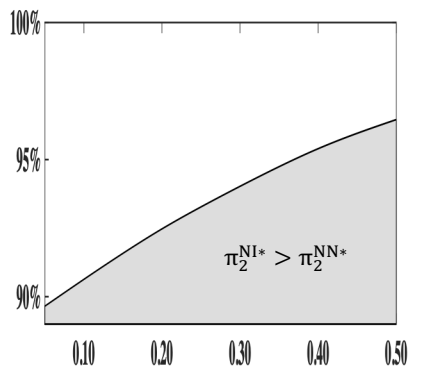
图 3-2(c) m_2 对投资意愿的影响 图 3-2(d) $f - \theta$ 对投资意愿的影响图 3-2(e) $T - t$ 对投资意愿的影响

图 3-2 平台 2 投资意愿受各参数影响情况 (NI 与 NN 对比)

图 3-2 表明，在 NN 与 NI 情形下， δ 的提升更加有利于平台 1，即不投资区块链服务的平台，使得平台 2 投资区块链服务的信任增益减小，降低平台 2 的投资意愿；随着 m_1 的增加，平台 2 区块链服务投资意愿降低；平台 2 区块链服务投资意愿随着 m_2 的增加而增强；平台间差异程度 $f - \theta$ 增大到一定程度时，用户更愿意加入平台 2，增强平台 2 区块链服务投资意愿；随着时间效益 $T - t$ 的增加，平台 2 投资优势增加，区块链服务投资意愿增强。

3) II 与 NI 情形对比

推论 7

(1) 当 $f - \theta > 0$ 时， $n_{S1}^{II*} - n_{S1}^{NI*} = n_{B1}^{II*} - n_{B1}^{NI*} > 0$ ； $n_{S2}^{II*} - n_{S2}^{NI*} = n_{B2}^{II*} - n_{B2}^{NI*} < 0$ ；

(2) $p_{S1}^{II*} - p_{S1}^{NI*} = p_{B1}^{II*} - p_{B1}^{NI*} > 0$ ； $p_{S2}^{II*} - p_{S2}^{NI*} = p_{B2}^{II*} - p_{B2}^{NI*} < 0$ ；

(3) ①当 $f - \theta > \frac{T-t}{6}$ ，

1. $m_2 < M_1$ 时， $\pi_1^{II*} - \pi_1^{NI*} > 0$ ；

2. $m_2 > M_1, m_1 > F_1(m_2)$ 时， $\pi_1^{II*} - \pi_1^{NI*} > 0$ ；

3. $m_2 > M_1, m_1 < F_1(m_2)$ 时， $\pi_1^{II*} - \pi_1^{NI*} < 0$ ；

②当 $f - \theta < \frac{T-t}{6}$ ，

1. $m_1 > F_1(m_2)$ 时， $\pi_1^{II*} - \pi_1^{NI*} > 0$ ；

2. $m_1 < F_1(m_2)$ 时， $\pi_1^{II*} - \pi_1^{NI*} < 0$ ；其中 $F_1(m_2) = \frac{6\theta - 6f + T - t + 2m_2}{1 + \delta}$ ，

$$M_1 = \frac{6f - 6\theta + t - T}{1 - \delta}。$$

$$\begin{aligned}
&\text{证明 } n_{S1}^{II*} - n_{S1}^{NI*} = n_{B1}^{II*} - n_{B1}^{NI*} = \frac{T-t+(1-\delta)m_1}{6(f-\theta)}; \quad n_{S2}^{II*} - n_{S2}^{NI*} = n_{B2}^{II*} - n_{B2}^{NI*} = \\
&-\frac{T-t+(1-\delta)m_1}{6(f-\theta)}; \quad p_{S1}^{II*} - p_{S1}^{NI*} = p_{B1}^{II*} - p_{B1}^{NI*} = \frac{1}{3}(T-t+(1-\delta)m_1); \quad p_{S2}^{II*} - p_{S2}^{NI*} = \\
&p_{B2}^{II*} - p_{B2}^{NI*} = -\frac{1}{3}(T-t+(1-\delta)m_1); \quad \pi_1^{II*} - \pi_1^{NI*} = \\
&-\frac{(t-T+(-1+\delta)m_1)(6f+t-T-6\theta+(1+\delta)m_1-2m_2)}{9(f-\theta)}, \text{ 由结果易证。}
\end{aligned}$$

由上可知，平台 1 投资区块链服务后双边用户规模增加、定价升高，导致平台 2 双边用户规模减少、定价降低。在此情形下，不同的平台间差异程度、披露信息量，对平台 1 投资决策的影响程度不同。当平台间差异程度较大时，若竞争对手平台 2 披露信息较少，平台 1 投资区块链服务更优；或平台 1、2 均披露较多信息，平台 1 投资区块链服务更优；若平台 2 披露较多信息，平台 1 披露较少信息，则平台 1 不投资区块链服务更优。当平台间差异程度较小时，若平台 1 披露信息较多，则其投资区块链服务更优；若平台 1 披露信息较少，则其不投资区块链服务更优。

为了更进一步探究平台投资意愿的影响因素，我们进行了大量的数值分析实验。令 δ 在 $[0.1, 1]$ 之间以 0.1 为步长依次取值；令 m_1 在 $[0.55, 1]$ 之间以 0.05 为步长依次取值；令 m_2 在 $[0.05, 0.5]$ 之间以 0.05 为步长依次取值；令 $f - \theta$ 在 $[0.05, 0.5]$ 之间以 0.05 为步长取值；令 $T - t$ 在 $[0.05, 0.5]$ 之间以 0.05 为步长取值，共计 10000 组取值，计算不同参数取值范围组合下平台投资区块链前后利润，统计投资区块链服务后利润更大的次数（以曲率、密度为 0.7 的样本插值函数根据给定的自变量值与函数值，进行变化趋势近似拟合，用纵坐标表示拟合后的数值，在图中换算为该次数占总次数的比例，即图形中阴影部分表示投资区块链服务后利润更大的比例，空白部分表示未投资区块链服务前利润更大的比例；横坐标表示参数取值范围），实验结果如图 3-3 按照 δ 、 m_1 、 m_2 、 $f - \theta$ 、 $T - t$ 的顺序进行展示。

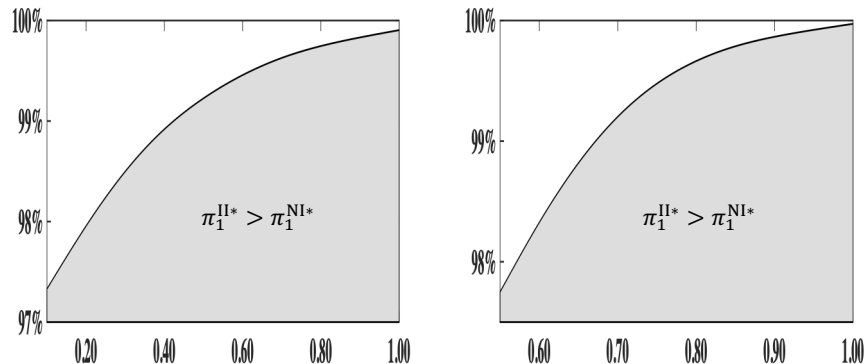


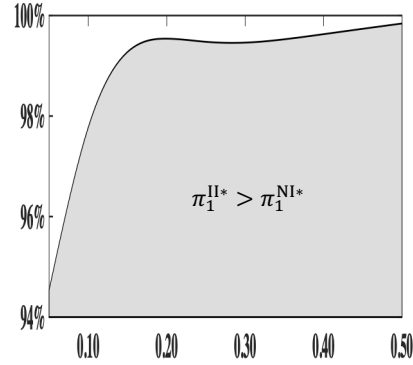
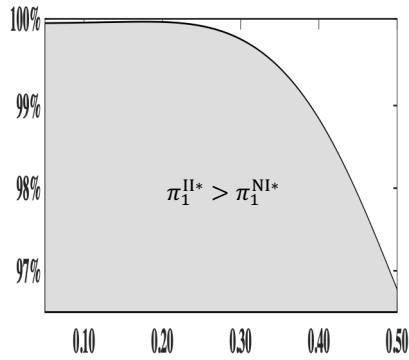
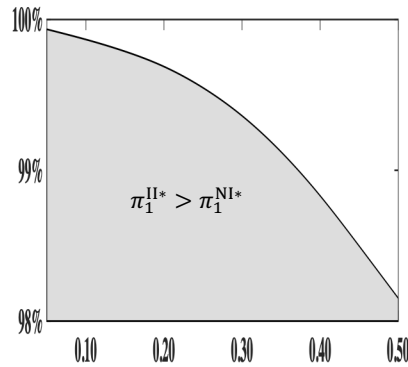
图 3-3(a) δ 对投资意愿的影响图3-3(b) m_1 对投资意愿的影响图 3-3(c) m_2 对投资意愿的影响图3-3(d) $f - \theta$ 对投资意愿的影响图 3-3(e) $T - t$ 对投资意愿的影响

图 3-3 平台 1 投资意愿受各参数影响情况 (NI 与 II 对比)

由图 3-3 可知，随着信息信任度 δ 的提升，平台 2 投资区块链服务的信任增益减小，对平台 1 的负面影响减弱，同时信任增益的减小虽然会削弱平台 1 的区块链服务投资优势，但综合导致平台 1 的投资意愿增强；随着平台 1 披露信息量 m_1 的增加，区块链服务投资带来更多的效用增加量与利润，增强平台 1 区块链服务投资意愿；在 NI 与 II 情形下，即平台 2 投资区块链服务时， m_2 的增加降低平台 1 的投资意愿；当平台间差异程度 $f - \theta$ 增大到一定程度时，用户更愿意加入平台 1，有利于平台 1 投资区块链服务；在 NI 与 II 情形下，时间效益的增大不利于平台 1 投资，随着其增加，平台 2 时间效益亦增加，综合导致平台 1 投资意愿减弱。

4) II 与 IN 情形对比

推论 8

(1) 当 $f - \theta > 0$ 时， $n_{S1}^{II*} - n_{S1}^{IN*} = n_{B1}^{II*} - n_{B1}^{IN*} < 0$ ， $n_{S2}^{II*} - n_{S2}^{IN*} = n_{B2}^{II*} - n_{B2}^{IN*} > 0$ ；

$$(2) p_{S1}^{II*} - p_{S1}^{IN*} = p_{B1}^{II*} - p_{B1}^{IN*} < 0; p_{S2}^{II*} - p_{S2}^{IN*} = p_{B2}^{II*} - p_{B2}^{IN*} > 0;$$

$$(3) \textcircled{1} \text{当 } f - \theta > \frac{T-t}{6},$$

$$1. m_2 < M_1, m_1 < F_3(m_2) \text{ 时, } \pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} > 0;$$

$$2. m_2 < M_1, m_1 > F_3(m_2) \text{ 时, } \pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} < 0;$$

$$3. m_2 > M_1 \text{ 时, } \pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} < 0;$$

$$\textcircled{2} \text{当 } f - \theta < \frac{T-t}{6}, \pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} < 0, \text{ 其中 } F_3(m_2) = \frac{1}{2}(6f + t - T - 6\theta + m_2 + \delta m_2)$$

证明 $n_{S1}^{II*} - n_{S1}^{IN*} = n_{B1}^{II*} - n_{B1}^{IN*} = -\frac{T-t+(1-\delta)m_2}{6(f-\theta)}$; $n_{S2}^{II*} - n_{S2}^{IN*} = n_{B2}^{II*} - n_{B2}^{IN*} = \frac{T-t+(1-\delta)m_2}{6(f-\theta)}$; $p_{S1}^{II*} - p_{S1}^{IN*} = p_{B1}^{II*} - p_{B1}^{IN*} = -\frac{1}{3}(T-t+(1-\delta)m_2)$; $p_{S2}^{II*} - p_{S2}^{IN*} = p_{B2}^{II*} - p_{B2}^{IN*} = \frac{1}{3}(T-t+(1-\delta)m_2)$;

$$\pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} = -\frac{(t-T+(-1+\delta)m_2)(6f+t-T-6\theta-2m_1+(1+\delta)m_2)}{9(f-\theta)};$$

由上可知，当平台 1 投资区块链服务前提下，平台 2 投资区块链服务后双边用户规模、定价增加，平台 1 双边用户规模、定价均降低。若平台间差异程度较大时，当且仅当平台 1、2 均披露较少信息时，平台 2 投资区块链服务更优；平台间差异程度较小时，平台 2 不投资区块链服务更优。

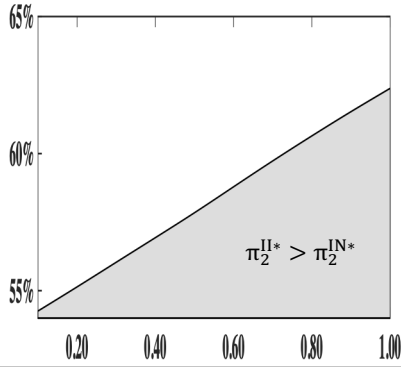
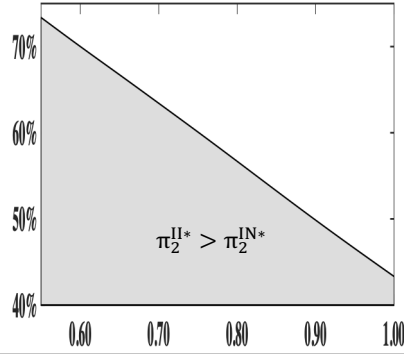
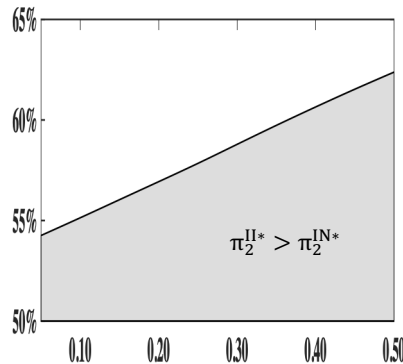
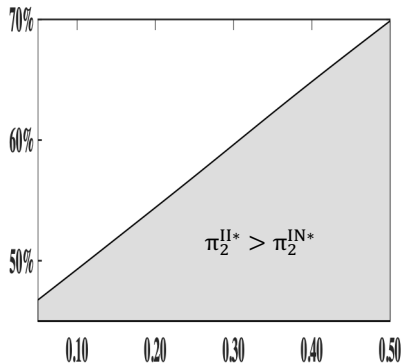
图3-4(a) δ 对投资意愿的影响图3-4(b) m_1 对投资意愿的影响

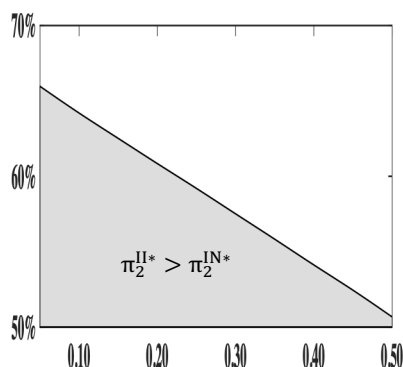
图3-4(c) m_2 对投资意愿的影响图3-4(d) $f - \theta$ 对投资意愿的影响图 3-4(e) $T - t$ 对投资意愿的影响

图 3-4 平台 2 投资意愿受各参数影响情况 (IN 与 II 对比)

由上图可知，随着 δ 的增加，平台 2 区块链服务投资意愿增强；平台 1 披露信息量 m_1 的增加减弱平台 2 的投资意愿； m_2 的增加使得平台 2 的区块链服务投资意愿增强；平台间差异程度的增加提升平台 2 的投资意愿；当竞争对手平台亦投资区块链服务时，时间效益的增大会减弱平台的投资意愿，当负向影响超过正向影响时，不利于平台区块链服务投资。综上可以发现，当竞争对手策略不同时，区块链服务投资效益对平台决策的影响程度亦不同。

为了更清晰说明平台披露信息量、差异程度、区块链投资效益因素对平台决策的影响情况，将以上四种对比情形结果整理如图 3-5 至图 3-8 所示。

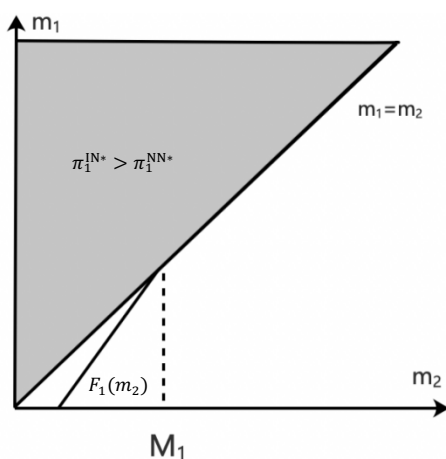


图 3-5 NN 与 IN 对比结果

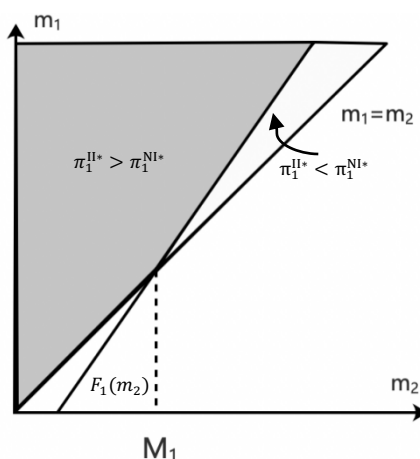


图 3-6 II 与 NI 对比结果

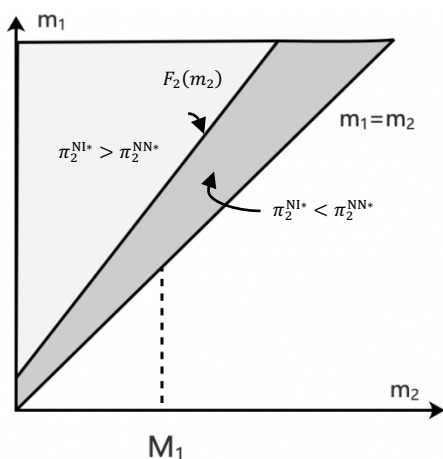


图 3-7 NN 与 NI 对比结果

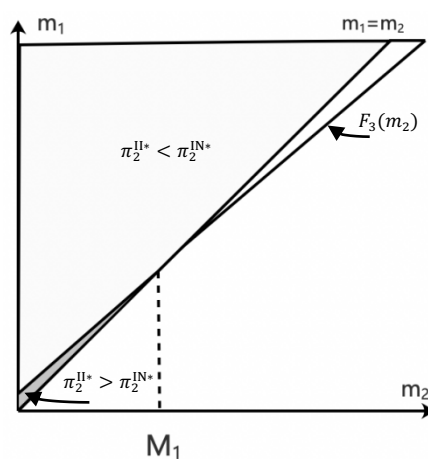


图 3-8 II 与 IN 对比结果

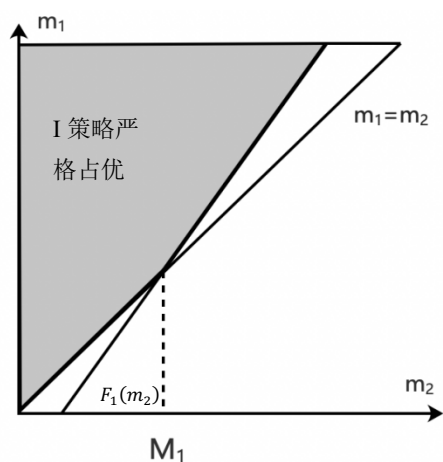


图 3-9 平台 1 投资策略图

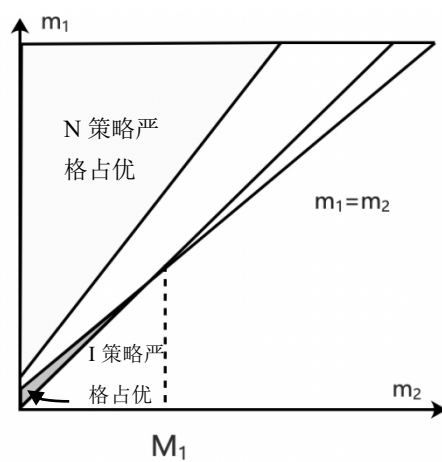


图 3-10 平台 2 投资策略图

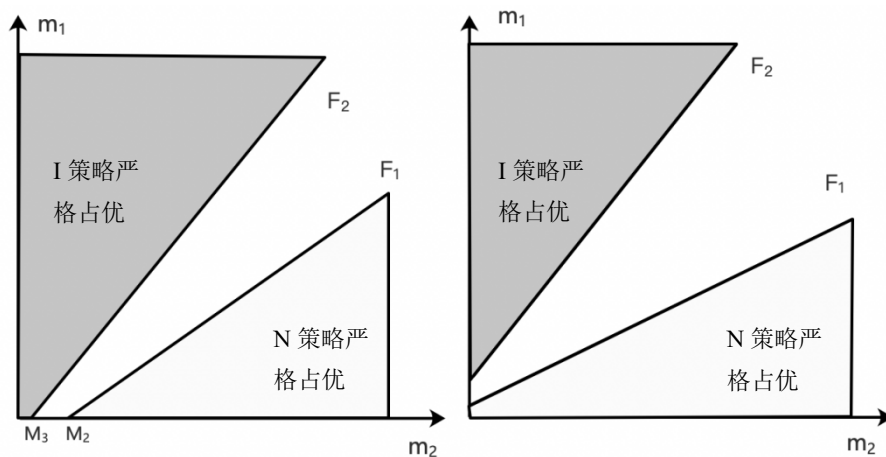
图 3-9 与图 3-10 分别表示，无论竞争对手采取何种投资策略时，平台自身的严格占优策略，对比两图可以发现，平台 1 投资区块链服务策略严格占优空间较大，平台 2 不投资区块链服务策略严格占优空间较大，因为平台 1 披露信息更多，投资后带来更多的效用增加量。故平台在决策过程中，需调研市场与竞争对手投资信息，制定合理的投资决策。

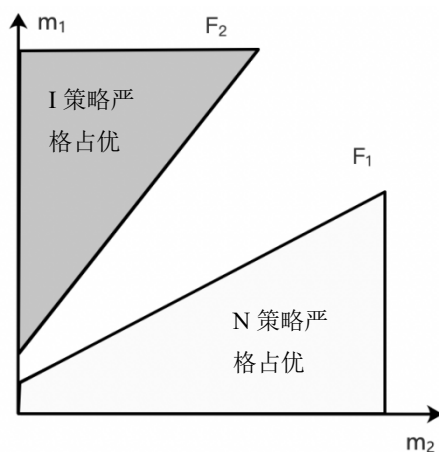
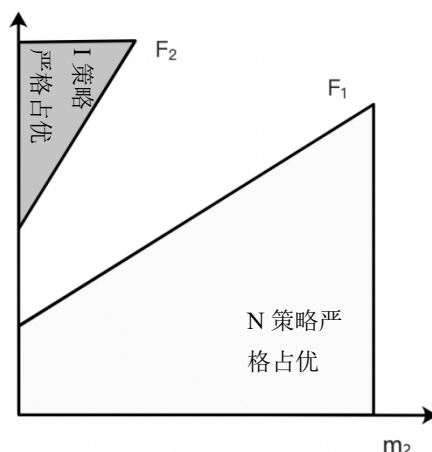
上文为了探究其他因素对区块链投资决策的影响，参考吉清凯等、Shen 等、Niu 等的做法将投资固定成本取为 0。但现实场景中区块链服务搭建与部署成本确实存在，因此在拓展分析中考虑区块链投资固定成本大于 0 的情形，且不限定两个平台披露信息量的相对大小，将分析结果整理如表 3-4 所示，以平台 1 为视角展示投资策略表，同理平台 2 投资策略亦可表示成如下形式，不再赘述。

表 3-4 平台 1 投资均衡策略表

序号	$T - t$	c	m_1	m_2	当平台 2 不投资(N 策略)	当平台 2 投资(I 策略)	占优策略
1	$f - \theta > \frac{T - t}{6}$	$c < c_1$	$m_1 < F_1(m_2)$	$m_2 < M_3$	I 策略更优	I 策略更优	I 策略
2				$m_2 > M_2$	N 策略更优	N 策略更优	N 策略
3			$F_1(m_2) < m_1 < F_2(m_2)$	$m_2 < M_3$	I 策略更优	I 策略更优	I 策略
4				$0 < m_2 < 1$	I 策略更优	I 策略更优	I 策略
5		$c > c_2$	$m_1 < F_1(m_2)$	$0 < m_2 < 1$	N 策略更优	N 策略更优	N 策略
6			$m_1 > F_2(m_2)$	$0 < m_2 < 1$	I 策略更优	I 策略更优	I 策略
7	$f - \theta < \frac{T - t}{6}$	$c < c_1$	$m_1 < F_1(m_2)$	$m_2 > M_2$	N 策略更优	N 策略更优	N 策略
8			$m_1 > F_2(m_2)$	$0 < m_2 < 1$	I 策略更优	I 策略更优	I 策略
9		$c > c_2$	$m_1 < F_1(m_2)$	$0 < m_2 < 1$	N 策略更优	N 策略更优	N 策略
10			$m_1 > F_2(m_2)$	$0 < m_2 < 1$	I 策略更优	I 策略更优	I 策略

为了更清楚说明投资固定成本、差异程度、平台披露信息量、投资效益因素对平台严格占优决策的影响情况，将表 3-4 结论整理如图 3-11 至图 3-14 所示。

图 3-11 当 $f - \theta > \frac{T-t}{6}, c < c_1$ 时图 3-12 当 $f - \theta > \frac{T-t}{6}, c > c_2$ 时

图 3-13 当 $f - \theta < \frac{T-t}{6}, c < c_1$ 时图 3-14 当 $f - \theta < \frac{T-t}{6}, c > c_2$ 时

由上图可知，考虑投资固定成本因素后，决策情形变得更加复杂。随着平台间差异程度的降低与投资固定成本的增加，平台投资区块链服务的战略空间缩小，不投资区块链服务的战略空间增大，结论具有稳定性。正如比较分析中数值分析结果所示， $f - \theta$ 即平台间差异程度的增大使得平台投资区块链服务后利润更高占比增加，即差异程度的增加有利于投资区块链服务，反之，差异程度的降低不利于投资区块链服务，使得区块链服务投资战略空间减小。在相同差异程度的前提下，投资固定成本的增大会抑制平台投资区块链服务行为，使得投资战略空间减小。当平台披露信息量较多时，更适合率先投资区块链服务，利用“先动优势”获取更大的竞争优势。

3.4 本章小结

本章考虑了两个具有横向差异的物流平台，假设区块链服务可以带来信任增加与缩短交易时间等投资效益，建立包含区块链服务投资效益、投资固定成本、竞争对手投资策略等因素的多主体博弈模型，对比 4 种不同投资组合情形下的博弈均衡解，分析平台占优投资策略与投资意愿的影响因素，主要研究结论包括：

(1) 无论平台是披露信息较多一方亦或是披露信息较少一方，当竞争对手不投资区块链服务时，平台区块链投资意愿与时间效益、信任增益正相关，即投资决策为平台带来竞争优势；当竞争对手投资区块链服务时，平台投资意愿与时间效益、信任增益负相关。

(2) 在不考虑投资固定成本的前提下，披露信息较多的平台进行区块链服

务投资时战略决策空间要大于披露信息较少的平台,即披露信息较多平台更适宜投资区块链服务。

(3) 在不同投资组合情形下,信息信任度 δ 的变化对定价影响程度不同。因此,当平台与竞争对手投资策略处于不同组合时,平台需采取恰当手段合理调控定价,从而实现经营目标。

第 4 章 动态竞争下物流平台区块链服务投资策略研究

在第 3 章的研究中,本文探讨了静态竞争中物流平台的区块链服务投资策略问题,通过对均衡条件下物流平台的定价与利润进行分析,为静态竞争环境中物流平台是否进行区块链服务投资提供了一些建议。本章将在上一章的基础上,将平台之间的静态竞争环境拓展至动态情形下,进一步对物流平台区块链服务投资问题展开讨论。

4.1 问题提出

随着信息技术和物流平台的高速发展,平台间的竞争越来越激烈,服务质量水平的重要性日益凸显。截至 2021 年,国内区块链物流平台上链总额约 4.5 万亿元,已经成为区块链应用最重要的发展方向之一,路歌平台利用区块链技术赋能物流行业,全量存证物流数据,提高数据公信力同时缩短业务审核时间,提高系统运作效率,提升用户体验;传化智联、中储智运等平台也相继投资区块链即服务平台的建设,用于物流追踪、流程优化、物流征信等,区块链服务已成为平台解决数据可信度低、服务困难等难点问题的重要工具。而在投资区块链服务前,物流平台需权衡投资效益与成本,并考虑竞争对手投资决策给自身带来的影响,如何在动态竞争条件下选择正确的投资策略并对双边用户制定价格成为物流平台可持续发展的关键。

本章以物流平台为出发点,综合考虑交叉网络外部性、区块链服务投资效益与成本因素的影响下,构建基于 Hotelling 模型的双寡头静态竞争型物流平台的区块链服务投资与定价模型,最终得到平台的占优投资策略、区块链服务投资意愿及其影响因素,以期为平台服务投资决策提供一定的参考意见。

4.2 模型构建与求解

随着区块链技术和平台经济的高速发展,平台间的竞争越来越激烈。阿里、京东等电商物流巨头陆续建设基于区块链的物流生态平台,在如此激烈的市场环境中,动态竞争普遍存在于双边平台中。

假定市场中存在竞争型物流平台 1 和 2，平台分别为双边用户即物流服务需求方(B)、物流服务供应方(S)提供信息、促进交易等，带来用户效用的提升，但近年来由于信息造假事件频发，用户无法完全信任平台披露的信息，致使用户体验和服务水平受到影响。故平台为了进一步提升服务质量与运作能力，可以考虑投资区块链服务。本研究基本假设如下：

(1) 假设平台 1 与 2 均匀分布在线性城市 $[0, 1]$ 两端， $x, y \in (0, 1)$ 分别表示 B 方、S 方用户到端点的距离， $f > 0$ 为用户到平台的单位运输成本即平台间的横向差异；当用户接入平台时，平台向用户收取费用 $p_{\alpha\beta}^{ij}$ ，其中上标 $i, j \in \{N, I\}$ 分别表示平台 1、2 的策略，N 为不投资区块链服务，I 为投资区块链服务下标 $\alpha \in \{B, S\}$ 表示 B 或 S 端用户， $\beta \in \{1, 2\}$ 表示用户归属于 1 或 2 平台。

(2) 假设 θ 表示平台双边的交叉网络外部性强度， $\theta > 0$ 表明该交叉网络外部性强度为正，即一边用户数量越多，对另一边用户更有利，平台一边用户加入平台数量随着另一边用户数量的增加而增加，效用也随之增加。

(3) 假设未投资区块链服务前用户对平台所披露信息的信任程度为 δ ，其中 $0 < \delta < 1$ ，当 δ 越大时，用户越相信平台披露的信息，即披露信息带来的效用越大。当平台投资区块链服务后，由于区块链技术特性使信息不可篡改，故用户对平台披露信息的信任程度变为 1，将 $1 - \delta$ 定义为区块链服务投资带来的信任增益。

(4) 不同信息披露量会对用户效用造成不同的影响，假设两个平台披露的信息量为 $m_1, m_2 \in (0, 1)$ ，且处于不同水平，为了不失一般性，令为 $m_1 > m_2$ 。

(5) 假设投资区块链服务前平均交易等待时间为 T ，投资区块链服务后时间变为 t ，有 $T > t$ ，如京东物流平台投资智臻链防伪服务后，产品溯源时间缩短。将 $T - t$ 定义为区块链服务投资的时间效益，二者差值越大，代表由区块链服务投资带来的时间效益越大。

(6) 由于区块链服务的前期研发、部署成本巨大，投入使用后的运营与维护成本较小，为简化运算，仅考虑区块链服务投资固定成本，令为 c 。

根据平台 1、2 的投资决策，会有 4 种可能：双方均不投资、平台 1 投资平台 2 不投资、平台 1 不投资平台 2 投资、双方均投资，分别对应 NN 情形、IN 情形、NI 情形、II 情形。

本章将分别构建 4 种投资组合下平台间 Hotelling 与 Stackelberg 博弈决策模

型，具体博弈顺序如图 4-1，其中平台 1 为先动平台，平台 2 为后动平台。在第一阶段，平台 1 依据现有市场状况对选择是否投资区块链服务并对双边用户制定价格；第二阶段，平台 2 观察到平台 1 的投资决策与价格后，决定自身是否投资区块链服务并制定价格；第三阶段，用户根据自己观察到的平台 1 和平台 2 的情况，依据所获效用最大化原则选择加入平台 1 或平台 2。

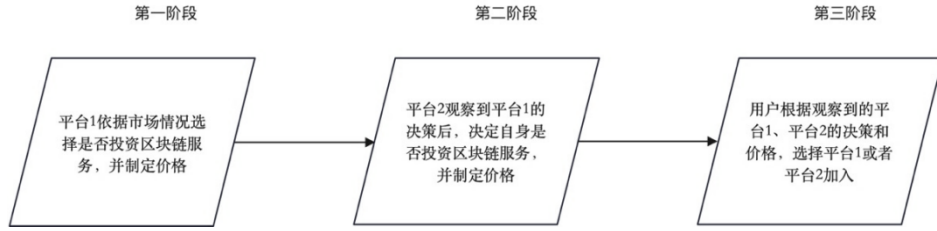


图4-1 动态博弈顺序

4.2.1 双方不投资区块链情形

4.2.1.1 NN 情形

在该情形下，平台 1 与 2 均不投资区块链服务，无需支付投资固定成本，交易时间为 T ，用户对平台披露信息的信任度为 δ 。

双边用户效用可表示为：

$$U_{S1}^{NN} = \theta n_{B1}^{NN} - p_{S1}^{NN} - T + \delta m_1 - fx \quad (3.1)$$

$$U_{S2}^{NN} = \theta n_{B2}^{NN} - p_{S2}^{NN} - T + \delta m_2 - f(1-x) \quad (3.2)$$

$$U_{B1}^{NN} = \theta n_{S1}^{NN} - p_{B1}^{NN} - T + \delta m_1 - fy \quad (3.3)$$

$$U_{B2}^{NN} = \theta n_{S2}^{NN} - p_{B2}^{NN} - T + \delta m_2 - f(1-y) \quad (3.4)$$

两平台的利润可表示为：

$$\pi_1^{NN} = n_{B1}^{NN} p_{B1}^{NN} + n_{S1}^{NN} p_{S1}^{NN} \quad (3.5)$$

$$\pi_2^{NN} = n_{B2}^{NN} p_{B2}^{NN} + n_{S2}^{NN} p_{S2}^{NN} \quad (3.6)$$

命题1 在NN情形下，两平台均衡时的最优规模、最优定价和最优利润分别为：

$$n_{S1}^{NN*} = n_{B1}^{NN*} = \frac{3f-3\theta+\delta m_1-\delta m_2}{8f-8\theta}; \quad n_{S2}^{NN*} = n_{B2}^{NN*} = \frac{5f-5\theta-\delta m_1+\delta m_2}{8f-8\theta};$$

$$p_{S1}^{NN*} = p_{B1}^{NN*} = \frac{1}{2}(3f-3\theta+\delta m_1-\delta m_2); \quad p_{S2}^{NN*} = p_{B2}^{NN*} = \frac{1}{4}(5f-5\theta-\delta m_1+\delta m_2);$$

$$\pi_1^{NN*} = \frac{(3f-3\theta+\delta m_1-\delta m_2)^2}{8f-8\theta}; \quad \pi_2^{NN*} = \frac{(5f-5\theta-\delta m_1+\delta m_2)^2}{2(8f-8\theta)};$$

证明 参考上文 Hagiu 等人关于效用无差异点的性质，用户根据两平台提供的信息进行权衡，选择所获效用较大的平台加入。联立 (3.1) 与 (3.2)，可得 S 端用户在两平台间的无差异点 x^* ，同理联立 (3.3) 与 (3.4)，可得 B 端用户在两平台

间的无差异点 y^* ，在双边用户单归属的条件下， $n_{S1}^{NN} = x^*$, $n_{B1}^{NN} = y^*$, $n_{S2}^{NN} = 1 - x^*$, $n_{B2}^{NN} = 1 - y^*$ ，将规模带入式（3.5）与（3.6），得到平台1与2的利润目标函数，对 π_2^{NN} 求关于 p_{S2}^{NN} 、 p_{B2}^{NN} 的一阶偏导并令其为零，可得 p_{S2}^{NN} 、 p_{B2}^{NN} ，再将其代入 π_1^{NN} ，并对 π_1^{NN} 求关于 p_{S1}^{NN} 、 p_{B1}^{NN} 得一阶偏导，令一阶导数为零得： p_{S1}^{NN*} 、 p_{B1}^{NN*} ，再将其代入 π_2^{NN} 并求关于 p_{S2}^{NN} 、 p_{B2}^{NN} 的一阶偏导，令一阶导数为零得： p_{S2}^{NN*} 、 p_{B2}^{NN*} 。将上述价格代入到规模函数中，可得到平台的最优规模。再将最优价格与最优规模代入利润函数中，可得最优利润。

推论1

$$(1) \frac{\partial p_{S1}^{NN*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B1}^{NN*}}{\partial \delta} > 0; \quad \frac{\partial p_{S2}^{NN*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B2}^{NN*}}{\partial \delta} < 0;$$

$$(2) \text{当 } f - \theta > 0 \text{ 时, } \frac{\partial \pi_1^{NN*}}{\partial \delta} > 0; \text{ 当 } f - \theta > 0, m_2 < \frac{5\theta - 5f + \delta m_1}{\delta} \text{ 时, } \frac{\partial \pi_2^{NN*}}{\partial \delta} < 0; \text{ 当 } f - \theta > 0, m_2 > \frac{-5f + 5\theta + \delta m_1}{\delta} \text{ 时, } \frac{\partial \pi_2^{NN*}}{\partial \delta} > 0;$$

$$\begin{aligned} \text{证明 } \frac{\partial p_{S1}^{NN*}}{\partial \delta} &= \frac{\partial p_{B1}^{NN*}}{\partial \delta} = \frac{1}{2}(m_1 - m_2); \quad \frac{\partial p_{S2}^{NN*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B2}^{NN*}}{\partial \delta} = \frac{1}{4}(m_2 - m_1); \quad \frac{\partial \pi_1^{NN*}}{\partial \delta} \\ &= \frac{2(m_1 - m_2)(3f - 3\theta + \delta m_1 - \delta m_2)}{8f - 8\theta}; \quad \frac{\partial \pi_2^{NN*}}{\partial \delta} = \frac{(m_2 - m_1)(5f - 5\theta - \delta m_1 + \delta m_2)}{8f - 8\theta}, \text{ 由结果易证。} \end{aligned}$$

在动态竞争情形下，当两平台均不投资区块链服务时，信任度 δ 的提升更有利于平台1，因平台1披露较多的信息故产生更多的用户效用增加量，平台通过提高用户定价从而获得更高的利润；平台2披露信息较少，信任度 δ 的提升迫使平台2降低用户定价以维持竞争优势，利润的综合变化结果取决于平台2披露信息量的大小，当平台2披露较多信息如不超过 $\frac{5\theta - 5f + \delta m_1}{\delta}$ 时，即使信任度增加，但由于披露信息量的限制，平台2仍然无法因此获得更多利润；而当披露信息量超过该阈值时，平台2利润随着用户信任度的增加而增加。

4.2.2 一方不投资区块链情形

4.2.2.1 IN 情形

在该情形下，平台1投资区块链服务，用户对平台1披露信息的信任程度变为1，交易时长缩短为 t ，平台1需支付投资固定成本 c 。

双边用户效用可表示为：

$$U_{S1}^{IN} = \theta n_{B1}^{IN} - p_{S1}^{IN} - t + m_1 - fx \quad (3.7)$$

$$U_{S2}^{IN} = \theta n_{B2}^{IN} - p_{S2}^{IN} - T + \delta m_2 - f(1-x) \quad (3.8)$$

$$U_{B1}^{IN} = \theta n_{S1}^{IN} - p_{B1}^{IN} - t + m_1 - fy \quad (3.9)$$

$$U_{B2}^{IN} = \theta n_{S2}^{IN} - p_{B2}^{IN} - T + \delta m_2 - f(1-y) \quad (3.10)$$

两平台的利润可表示为：

$$\pi_1^{IN} = n_{B1}^{IN} p_{B1}^{IN} + n_{S1}^{IN} p_{S1}^{IN} - c \quad (3.11)$$

$$\pi_2^{IN} = p_{B2}^{IN} + n_{S2}^{IN} p_{S2}^{IN} \quad (3.12)$$

命题 2 在 IN 情形下，两平台均衡时的最优规模、最优定价和最优利润分别为：

$$n_{S1}^{IN*} = n_{B1}^{IN*} = \frac{3f-t+T-3\theta+m_1-\delta m_2}{8f-8\theta}; \quad n_{S2}^{IN*} = n_{B2}^{IN*} = \frac{5f+t-T-5\theta-m_1+\delta m_2}{8f-8\theta};$$

$$p_{S1}^{IN*} = p_{B1}^{IN*} = \frac{1}{2}(3f-t+T-3\theta+m_1-\delta m_2); \quad p_{S2}^{IN*} = p_{B2}^{IN*} = \frac{1}{4}(5f+t-T-5\theta-m_1+\delta m_2);$$

$$\pi_1^{IN*} = \frac{(3f-t+T-3\theta+m_1-\delta m_2)^2}{8f-8\theta} - c; \quad \pi_2^{IN*} = \frac{(5f+t-T-5\theta-m_1+\delta m_2)^2}{2(8f-8\theta)};$$

证明 参考上文，用户根据两平台提供的信息进行权衡，选择所获效用较大的平台加入。联立 (3.7) 与 (3.8)，可得 S 端用户在两平台间的无差异点 x^* ，同理联立 (3.9) 与 (3.10)，可得 B 端用户在两平台间的无差异点 y^* ，在双边用户单归属的条件下， $n_{S1}^{IN} = x^*$ ， $n_{B1}^{IN} = y^*$ ， $n_{S2}^{IN} = 1 - x^*$ ， $n_{B2}^{IN} = 1 - y^*$ ，将规模带入式 (3.11)

与 (3.12)，得到平台 1 与 2 的利润目标函数，对 π_2^{IN} 求关于 p_{S2}^{IN} 、 p_{B2}^{IN} 的一阶偏导并令其为零，可得 p_{S2}^{IN} 、 p_{B2}^{IN} ，再将其代入 π_1^{IN} ，并对 π_1^{IN} 求关于 p_{S1}^{IN} 、 p_{B1}^{IN} 得一阶偏导，令一阶导数为零得： p_{S1}^{IN*} 、 p_{B1}^{IN*} ，再将其代入 π_2^{IN} 并求关于 p_{S2}^{IN} 、 p_{B2}^{IN} 的一阶偏导，令一阶导数为零得： p_{S2}^{IN*} 、 p_{B2}^{IN*} 。将上述价格代入到规模函数中，可得到平台的最优规模。再将最优价格与最优规模代入利润函数中，可得最优利润。

推论 2

$$(1) \quad \frac{\partial p_{S1}^{IN*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B1}^{IN*}}{\partial \delta} < 0; \quad \frac{\partial p_{S2}^{IN*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B2}^{IN*}}{\partial \delta} > 0;$$

$$(2) \quad \text{当 } f - \theta > 0 \text{ 时, } \frac{\partial \pi_1^{IN*}}{\partial \delta} < 0; \text{ 当 } f - \theta > \frac{1}{5}(T - t), m_1 \leq 5f - 5\theta + t - T \text{ 时, } \frac{\partial \pi_2^{IN*}}{\partial \delta} > 0; \text{ 当 } f - \theta > \frac{1}{5}(T - t), m_1 > \frac{5f - 5\theta + t - T}{1 - \delta} \text{ 时, } \frac{\partial \pi_2^{IN*}}{\partial \delta} < 0;$$

$$\text{证明} \quad \frac{\partial p_{S1}^{IN*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B1}^{IN*}}{\partial \delta} = -\frac{m_2}{2}; \quad \frac{\partial p_{S2}^{IN*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B2}^{IN*}}{\partial \delta} = \frac{m_2}{4}, \quad \frac{\partial \pi_1^{IN*}}{\partial \delta} = -\frac{2m_2(3f-t+T-3\theta+m_1-\delta m_2)}{8f-8\theta}$$

$$\frac{\partial \pi_2^{\text{NI}*}}{\partial \delta} = \frac{m_2(5f+t-T-5\theta-m_1+\delta m_2)}{8f-8\theta}, \text{ 由结果易证。}$$

当平台 1 投资区块链服务而平台 2 未投资时，随着用户对披露信息信任度 δ 的提升，平台 1 投资区块链服务的信任增益减小，即投资区块链服务优势减弱，平台 1 降低用户定价以维持竞争优势，利润随着信任度的提升而减小；平台 2 不投资区块链服务优势随着 δ 的提升而增强，平台 2 可提高用户定价以获得更高的利润。信任度 δ 对利润的综合影响结果取决于平台间差异程度 $f - \theta$ 、平台 1 披露信息量的大小。在两平台差异程度均超过一定阈值如 $\frac{1}{5}(T - t)$ 的前提下，较少的平台 1 信息披露量如不超过 $5f - 5\theta + t - T$ 时不会引发用户产生转移意愿，平台 2 利润随着信任度的增加而增加；而较多的平台 1 信息披露量如超过 $\frac{5f-5\theta+t-T}{1-\delta}$ 时，用户产生转移意愿，用户转移至平台 1，致使平台 2 利润随着信任度的增加而减少。

4.2.2.2 NI 情形

在该情形下，平台 1 不投资区块链服务，平台 2 投资区块链服务，用户对平台 2 披露信息的信任程度 δ 变为 1，交易时长缩短为 t ，需支付投资固定成本 c ，双边用户效用可表示为：

$$U_{S1}^{\text{NI}} = \theta n_{B1}^{\text{NI}} - p_{S1}^{\text{NI}} - T + \delta m_1 - fx \quad (3.13)$$

$$U_{S2}^{\text{NI}} = n_{B2}^{\text{NI}} - p_{S2}^{\text{NI}} - t + m_2 - f(1 - x) \quad (3.14)$$

$$U_{B1}^{\text{NI}} = \theta n_{S1}^{\text{NI}} - p_{B1}^{\text{NI}} - T + \delta m_1 - fy \quad (3.15)$$

$$U_{B2}^{\text{NI}} = \theta n_{S2}^{\text{NI}} - p_{B2}^{\text{NI}} - t + m_2 - f(1 - y) \quad (3.16)$$

两平台的利润可表示为：

$$\pi_1^{\text{NI}} = n_{B1}^{\text{NI}} p_{B1}^{\text{NI}} + n_{S1}^{\text{NI}} p_{S1}^{\text{NI}} \quad (3.17)$$

$$\pi_2^{\text{NI}} = n_{B2}^{\text{NI}} p_{B2}^{\text{NI}} + n_{S2}^{\text{NI}} p_{S2}^{\text{NI}} - c \quad (3.18)$$

命题3 在NI情形下，两平台均衡时的最优规模、最优定价和最优利润分别为：

$$n_{S1}^{\text{NI}*} = n_{B1}^{\text{NI}*} = \frac{3f+t-T-3\theta+\delta m_1-m_2}{8f-8\theta}; \quad n_{S2}^{\text{NI}*} = n_{B2}^{\text{NI}*} = \frac{5f-t+T-5\theta-\delta m_1+m_2}{8f-8\theta};$$

$$p_{S1}^{\text{NI}*} = p_{B1}^{\text{NI}*} = \frac{1}{2}(3f+t-T-3\theta+\delta m_1-m_2); \quad p_{S2}^{\text{NI}*} = p_{B2}^{\text{NI}*} = \frac{1}{4}(5f-t+T-5\theta-\delta m_1+m_2);$$

$$\pi_1^{\text{NI}*} = \frac{(3f+t-T-3\theta+\delta m_1-m_2)^2}{8f-8\theta}; \quad \pi_2^{\text{NI}*} = \frac{(5f-t+T-5\theta-\delta m_1+m_2)^2}{2(8f-8\theta)} - c$$

证明 参考上文，用户根据两平台提供的信息进行权衡，选择所获效用较大的平台加入。联立 (3.13) 与 (3.14)，可得 S 端用户在两平台间的无差异点 x^* ，同理联立 (3.15) 与 (3.16)，可得 B 端用户在两平台间的无差异点 y^* ，在双边用户单归属的条件下， $n_{S1}^{NI} = x^*$, $n_{B1}^{NI} = y^*$, $n_{S2}^{NI} = 1 - x^*$, $n_{B2}^{NI} = 1 - y^*$ ，将规模带入式 (3.17) 与 (3.18)，得到平台 1 与 2 的利润目标函数，对 π_2^{NI} 求关于 p_{S2}^{NI} 、 p_{B2}^{NI} 的一阶偏导并令其为零，可得 p_{S2}^{NI} 、 p_{B2}^{NI} ，再将其代入 π_1^{NI} ，并对 π_1^{NI} 求关于 p_{S1}^{NI} 、 p_{B1}^{NI} 得一阶偏导，令一阶导数为零得： p_{S1}^{NI*} 、 p_{B1}^{NI*} ，再将其代入 π_2^{NI} 并求关于 p_{S2}^{NI} 、 p_{B2}^{NI} 的一阶偏导，令一阶导数为零得： p_{S2}^{NI*} 、 p_{B2}^{NI*} 。将上述价格代入到规模函数中，可得到平台的最优规模。再将最优价格与最优规模代入利润函数中，可得最优利润。

推论 3

$$(1) \frac{\partial p_{S1}^{NI*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B1}^{NI*}}{\partial \delta} > 0; \quad \frac{\partial p_{S2}^{NI*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B2}^{NI*}}{\partial \delta} < 0;$$

$$(2) \text{当 } f \leq \frac{1}{3}(T-t) \text{ 且 } m_1 > \frac{3\theta-3f+T-t}{\delta}, m_2 < 3f+t-T-3\theta+\delta m_1 \text{ 时 } \frac{\partial \pi_1^{NI*}}{\partial \delta} > 0;$$

$$\text{当 } f \leq \frac{1}{3}(T-t) \text{ 且 } m_1 < \frac{3f+3\theta+t-T}{\delta} \text{ 时, } \frac{\partial \pi_1^{NI*}}{\partial \delta} < 0;$$

$$(3) \text{当 } m_1 > \frac{5f-5\theta+T-t}{\delta} \text{ 且 } 5\theta-5f+t-T+\delta m_1 < m_2 \text{ 时, } \frac{\partial \pi_2^{NI*}}{\partial \delta} < 0; \text{ 当 } m_1 >$$

$$\frac{5f-t+T-5\theta}{\delta}, \text{ 且 } m_2 < -5f+t-T+5\theta+\delta m_1 \text{ 时, } \frac{\partial \pi_2^{NI*}}{\partial \delta} > 0;$$

$$\text{证明 } \frac{\partial p_{S1}^{NI*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B1}^{NI*}}{\partial \delta} = \frac{m_1}{2}; \quad \frac{\partial p_{S2}^{NI*}}{\partial \delta} = \frac{\partial p_{B2}^{NI*}}{\partial \delta} = -\frac{m_1}{4}; \quad \frac{\partial \pi_1^{NI*}}{\partial \delta} = \frac{2m_1(3f+t-T-3\theta+\delta m_1-m_2)}{8f-8\theta};$$

$$\frac{\partial \pi_2^{NI*}}{\partial \delta} = -\frac{m_1(5f-t+T-5\theta-\delta m_1+m_2)}{8f-8\theta}, \text{ 由结果易证。}$$

在 NI 情形下，随着信任度 δ 的升高，平台 2 投资区块链服务优势减弱，平台 1 不投资区块链服务优势增强，两平台为了利润最大化目标采取不同的定价策略，平台 1 提高定价，平台 2 降低定价。在转移成本较小如不超过 $\frac{1}{3}(T-t)$ ，此时平台 1 披露信息较多，平台 2 披露信息较少，平台 1 利润随着信任度 δ 的升高而升高；若平台 1 披露信息较少，即使信任度 δ 升高，平台 1 利润也不会随着 δ 的增加而增加。在平台 2 投资区块链服务的前提下，平台 1 披露信息较多而平台 2 披露信息较少时，平台 2 利润随着信任度 δ 的升高而降低；若平台 1 披露较多信息而

平台 2 披露较少信息，平台 2 利润随着信任度 δ 的升高而增加。

4.2.3 双方投资区块链情形

4.2.3.1 II 情形

在该情形下，平台 1 与 2 均投资区块链服务，用户对平台披露信息的信任程度 δ 均变为 1，交易时长均缩短为 t ，两平台需支付投资固定成本 c 。

双边用户效用可表示为：

$$U_{S1}^{II} = \theta n_{B1}^{II} - p_{S1}^{II} - t + m_1 - fx \quad (3.19)$$

$$U_{S2}^{II} = \theta n_{B2}^{II} - p_{S2}^{II} - t + m_2 - f(1-x) \quad (3.20)$$

$$U_{B1}^{II} = \theta n_{S1}^{II} - p_{B1}^{II} - t + m_1 - fy \quad (3.21)$$

$$U_{B2}^{II} = \theta n_{S2}^{II} - p_{B2}^{II} - t + m_2 - f(1-y) \quad (3.22)$$

两平台的利润可表示为：

$$\pi_1^{II} = n_{B1}^{II} p_{B1}^{II} + n_{S1}^{II} p_{S1}^{II} - c \quad (3.23)$$

$$\pi_2^{II} = n_{B2}^{II} p_{B2}^{II} + n_{S2}^{II} p_{S2}^{II} - c \quad (3.24)$$

命题4 在II情形下，两平台均衡时的最优规模、最优定价和最优利润分别为：

$$n_{S1}^{II*} = n_{B1}^{II*} = \frac{3f-3\theta+m_1-m_2}{8(f-\theta)}; \quad n_{S2}^{II*} = n_{B2}^{II*} = \frac{5f-5\theta-m_1+m_2}{8(f-\theta)};$$

$$p_{S1}^{II*} = p_{B1}^{II*} = \frac{1}{2}(3f-3\theta+m_1-m_2); \quad p_{S2}^{II*} = p_{B2}^{II*} = \frac{1}{4}(5f-5\theta-m_1+m_2);$$

$$\pi_1^{II*} = \frac{(3f-3\theta+m_1-m_2)^2}{8(f-\theta)} - c; \quad \pi_2^{II*} = \frac{(5f-5\theta-m_1+m_2)^2}{16(f-\theta)} - c$$

证明 参考上文，用户根据两平台提供的信息进行权衡，选择所获效用较大的平台加入。联立（3.19）与（3.20），可得 S 端用户在两平台间的无差异点 x^* ，同理联立（3.21）与（3.22），可得 B 端用户在两平台间的无差异点 y^* ，在双边用户单归属的条件下， $n_{S1}^{II} = x^*$ ， $n_{B1}^{II} = y^*$ ， $n_{S2}^{II} = 1 - x^*$ ， $n_{B2}^{II} = 1 - y^*$ ，将规模带入式

（3.23）与（3.24），得到平台 1 与 2 的利润目标函数，对 π_2^{II} 求关于 p_{S2}^{II} 、 p_{B2}^{II} 的一阶偏导并令其为零，可得 p_{S2}^{II} 、 p_{B2}^{II} ，再将其代入 π_1^{II} ，并对 π_1^{II} 求关于 p_{S1}^{II} 、 p_{B1}^{II} 得一阶偏导，令一阶导数为零得： p_{S1}^{II*} 、 p_{B1}^{II*} ，再将其代入 π_2^{II} 并求关于 p_{S2}^{II} 、 p_{B2}^{II} 的一阶偏导，令一阶导数为零得： p_{S2}^{II*} 、 p_{B2}^{II*} 。将上述价格代入到规模函数中，可得到平台的最优规模。再将最优价格与最优规模代入利润函数中，可得最优利润。

当两平台均投资区块链服务，用户对于信息信任度 δ 均变为 1，不再影响两

平台定价与利润。

推论4 $n_{S1}^{ij*} = n_{B1}^{ij*}$; $n_{S2}^{ij*} = n_{B2}^{ij*}$; $p_{S1}^{ij*} = p_{B1}^{ij*}$; $p_{S2}^{ij*} = p_{B2}^{ij*}$;

证明 由上述命题易证。

在相同的情形下，同一平台双边用户最优规模、最优定价均相同。

4.3 对比分析

根据动态竞争条件下博弈顺序特点，先动平台即平台 1 先选择区块链服务投资策略，后动平台即平台 2 后进行决策，由于后动平台进行决策时已充分知晓先动平台的决策，故当先动平台不投资区块链服务时，后动平台根据利润最大化原则选择是否投资区块链服务；同理，当先动平台投资区块链服务时，后动平台根据利润最大化原则选择是否投资区块链服务。为研究平台投资区块链服务的动机及其影响因素，本节对 NN 与 NI 情形对比、IN 与 II 情形进行对比分析。

1) NN 与 NI 情形对比

推论 4

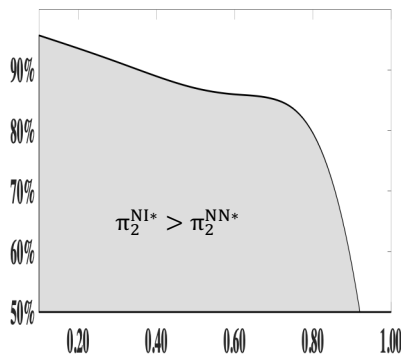
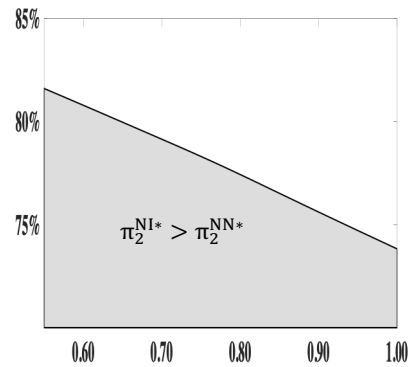
- (1) $n_{S1}^{NI*} - n_{S1}^{NN*} = n_{B1}^{NI*} - n_{B1}^{NN*} < 0$; $n_{S2}^{NI*} - n_{S2}^{NN*} = n_{B2}^{NI*} - n_{B2}^{NN*} > 0$;
- (2) $p_{S1}^{NI*} - p_{S1}^{NN*} = p_{B1}^{NI*} - p_{B1}^{NN*} < 0$; $p_{S2}^{NI*} - p_{S2}^{NN*} = p_{B2}^{NI*} - p_{B2}^{NN*} > 0$;
- (3) 当 $f \leq \frac{1}{6}(T-t)$ 时，若 $m_1 > \frac{6\theta-6f-t+T}{2\delta}$ 且 $m_2 > \frac{6f+t-T-6\theta+2\delta m_1}{1+\delta}$ ，则 $\pi_1^{NI*} - \pi_1^{NN*} < 0$; 若 $m_1 > \frac{6\theta-6f-t+T}{2\delta}$ 且 $m_2 < \frac{6f+t-T-6\theta+2\delta m_1}{1+\delta}$ 时， $\pi_1^{NI*} - \pi_1^{NN*} > 0$;
- (4) 当 $m_1 > \frac{10f-t+T-10\theta}{2\delta}$ 且 $m_2 < \frac{10\theta-10f+t-T+2\delta m_1}{1+\delta}$ 时， $\pi_2^{NI*} - \pi_2^{NN*} < 0$; 当 $m_1 \leq \frac{10f-t+T-10\theta}{2\delta}$ 时， $\pi_2^{NI*} - \pi_2^{NN*} > 0$;

证明 $n_{S1}^{NI*} - n_{S1}^{NN*} = n_{B1}^{NI*} - n_{B1}^{NN*} = -\frac{T-t+(1-\delta)m_2}{8(f-\theta)}$; $n_{S2}^{NI*} - n_{S2}^{NN*} = n_{B2}^{NI*} - n_{B2}^{NN*} = \frac{T-t+(1-\delta)m_2}{8(f-\theta)} > 0$; $p_{S1}^{NI*} - p_{S1}^{NN*} = p_{B1}^{NI*} - p_{B1}^{NN*} = -\frac{1}{2}[T-t+(1-\delta)m_2]$; $p_{S2}^{NI*} - p_{S2}^{NN*} = p_{B2}^{NI*} - p_{B2}^{NN*} = \frac{1}{4}[T-t+(1-\delta)m_2]$; $\pi_1^{NI*} - \pi_1^{NN*} = -\frac{1}{8(f-\theta)}(T-t+(1-\delta)m_2)(6f-6\theta+t-T+2\delta m_1-(1+\delta)m_2)-c$; $\pi_2^{NI*} - \pi_2^{NN*} = \frac{[T-t+(1-\delta)m_2](10f-10\theta+T-t-2\delta m_1+(1+\delta)m_2)}{16(f-\theta)}$ ，由结果易证。

为了探究成本以外因素对区块链服务投资的影响，参考吉清凯等、Shen 等、Niu 等的文章令投资固定成本 $c = 0$ ，

由上可知,当平台 1 不投资区块链服务时,平台 2 投资后双边用户规模与定价均升高,平台 1 双边用户规模与定价均降低。由推论 4 (3) 可知,在平台 1 不投资区块链服务前提下,平台 2 投资区块链决策对于平台 1 利润的影响取决于平台 2 披露信息量的多少,当平台 2 披露较多信息时,平台 1 利润增长;当平台 2 披露较少信息时,平台 1 利润降低。由推论 4 (4) 可知,当平台 1 披露较多信息如超过阈值 $\frac{10f-t+T-10\theta}{2\delta}$ 时,平台 2 披露较少信息如不超过 $\frac{10\theta-10f+t-T+2\delta m_1}{1+\delta}$ 时,平台 2 的区块链服务投资决策会使得该平台利润减少;当平台 1 披露信息较少如不超过 $\frac{10f-t+T-10\theta}{2\delta}$,平台 2 的投资区块链服务后利润增加。

为了更进一步探究平台投资意愿的影响因素,我们进行了大量的数值分析实验。令 δ 在 $[0.1, 1]$ 之间以 0.1 为步长依次取值;令 m_1 在 $[0.55, 1]$ 之间以 0.05 为步长依次取值;令 m_2 在 $[0.05, 0.5]$ 之间以 0.05 为步长依次取值;令 $f - \theta$ 在 $[0.05, 0.5]$ 之间以 0.05 为步长取值;令 $T - t$ 在 $[0.05, 0.5]$ 之间以 0.05 为步长取值,共计 10000 组取值,计算不同参数取值范围组合下平台投资区块链前后利润,统计投资区块链服务后利润更大的次数(以曲率、密度为 0.7 的样本插值函数根据给定的自变量值与函数值,进行变化趋势近似拟合,用纵坐标表示拟合后的数值,在图中换算为该次数占总次数的比例,即图形中阴影部分表示投资区块链服务后利润更大的比例,空白部分表示未投资区块链服务前利润更大的比例;横坐标表示参数取值范围),实验结果按照 δ 、 m_1 、 m_2 、 $f - \theta$ 、 $T - t$ 的顺序进行展示。

图 4-2(a) δ 对投资意愿的影响图 4-2(b) m_1 对投资意愿的影响

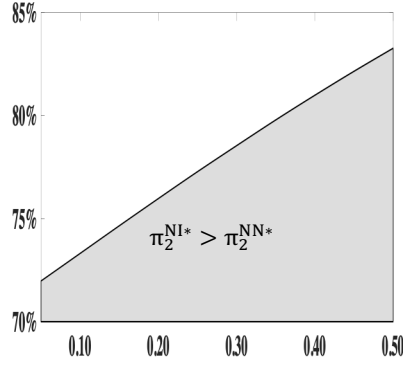
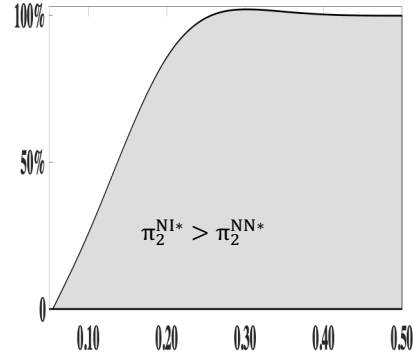
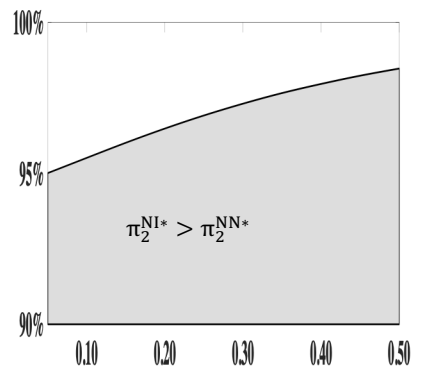
图 4-2(c) m_2 对投资意愿的影响图 4-2(d) $f - \theta$ 对投资意愿的影响图 4-2(e) $T - t$ 对投资意愿的影响

图 4-2 平台 2 投资意愿受各参数影响情况 (NI 与 NN 对比)

图 4-2 表明, 当先动平台即平台 1 不投资区块链服务时, 随着用户对平台披露信息信任度 δ 的增加, 后动平台即平台 2 区块链服务投资优势呈现降低趋势, 因为先动平台 1 亦享受到 δ 增加带来的益处; 随着 m_1 的增加, 平台 2 区块链服务投资意愿降低; 平台 2 区块链服务投资意愿随着 m_2 的增加而增强; 随着时间效益 $T - t$ 的增加, 平台 2 投资优势增加, 区块链服务投资意愿增强。

2) II 与 IN 情形对比

推论 5

- (1) $n_{S1}^{II*} - n_{S1}^{IN*} = n_{B1}^{II*} - n_{B1}^{IN*} < 0$; $n_{S2}^{II*} - n_{S2}^{IN*} = n_{B2}^{II*} - n_{B2}^{IN*} > 0$;
- (2) $p_{S1}^{II*} - p_{S1}^{IN*} = p_{B1}^{II*} - p_{B1}^{IN*} < 0$; $p_{S2}^{II*} - p_{S2}^{IN*} = p_{B2}^{II*} - p_{B2}^{IN*} > 0$;
- (3) $\pi_1^{II*} - \pi_1^{IN*} < 0$;
- (4) 当 $f \leq \frac{1}{10}(T - t)$ 时, $\pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} < 0$; 当 $f > \frac{1}{10}(T - t)$, $f - \theta > 10(T - t)$, 且 $m_1 \leq \frac{1}{2}(10f - 10\theta + t - T)$ 时, $\pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} > 0$;

$$\text{证明 } n_{S1}^{II*} - n_{S1}^{IN*} = n_{B1}^{II*} - n_{B1}^{IN*} = -\frac{T-t+(1-\delta)m_2}{8(f-\theta)}; \quad n_{S2}^{II*} - n_{S2}^{IN*} = n_{B2}^{II*} - n_{B2}^{IN*} =$$

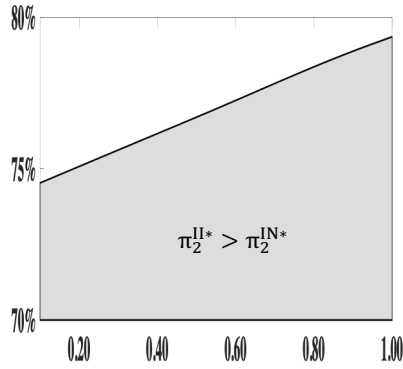
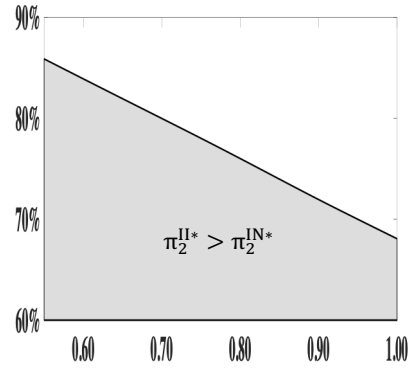
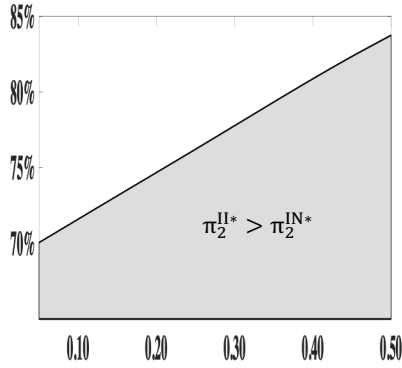
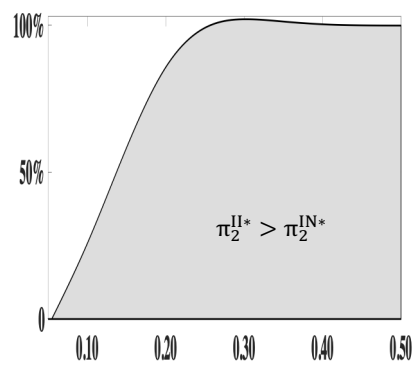
$$\frac{T-t+(1-\delta)m_2}{8(f-\theta)}; p_{S1}^{II*} - p_{S1}^{IN*} = p_{B1}^{II*} - p_{B1}^{IN*} = -\frac{1}{2}[T-t+(1-\delta)m_2]; p_{S2}^{II*} - p_{S2}^{IN*} =$$

$$p_{B2}^{II*} - p_{B2}^{IN*} = \frac{1}{4}[T-t+(1-\delta)m_2] > 0;$$

$$\pi_1^{II*} - \pi_1^{IN*} = -\frac{[T-t+(1-\delta)m_2](6f-6\theta+T-t+2m_1-(1+\delta)m_2)}{8(f-\theta)};$$

$$\pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} = \frac{(T-t+(1-\delta)m_2)(10f-10\theta+t-T-2m_1+(1+\delta)m_2)}{16(f-\theta)} - c。$$

由上可知，在平台 1 投资区块链服务前提下，平台 2 投资区块链服务后双边用户规模、定价增加，平台 1 双边用户规模、定价均降低。在平台 1 投资区块链服务的前提下，平台 2 投资区块链服务后享受到技术带来的竞争优势，导致平台 1 总利润降低；当平台 1 披露较少信息如不超过 $\frac{1}{2}(10f-10\theta+t-T)$ 。

图4-3(a) δ 对投资意愿的影响图4-3(b) m_1 对投资意愿的影响图 4-3(c) m_2 对投资意愿的影响图 4-3(d) $f - \theta$ 对投资意愿的影响

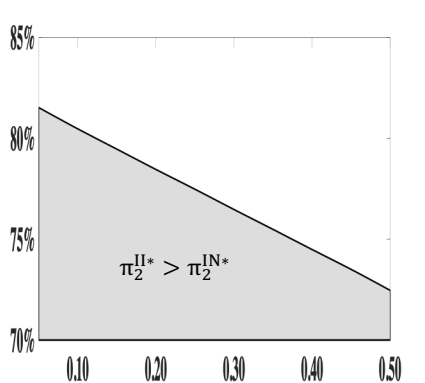
图 4-3(c) $T-t$ 对投资意愿的影响

图 4-3 平台 2 投资意愿受各参数影响情况 (IN 与 II 对比)

由图 4-3 可知, 在先动平台投资区块链服务的前提下, 随着信息信任度 δ 的增加, 平台 2 区块链服务投资意愿增强; 平台 1 披露信息量 m_1 的增加减弱平台 2 的投资意愿; m_2 的增加使得平台 2 的区块链服务投资意愿增强; 平台间差异程度的增加提升平台 2 的投资意愿; 当平台 1 亦投资区块链服务时, 时间效益的增大会减弱平台 2 的投资意愿, 当负向影响超过正向影响时, 不利于平台 2 区块链服务投资。综上可以发现, 当竞争对手策略不同时, 区块链服务投资效益对平台决策的影响程度亦不同。

4.3 本章小结

本章考虑了两个具有横向差异的物流平台, 假设区块链服务可以带来信任增加与缩短交易时间等投资效益, 建立包含区块链服务投资效益、竞争对手投资策略等因素的多主体博弈模型, 对比动态竞争条件下 2 种不同投资组合情形下的博弈均衡解, 分析平台占优投资策略与投资意愿的影响因素, 主要研究结论包括:

(1) 当先动平台不投资区块链服务时, 后动平台投资区块链服务后, 会降低先动平台的竞争优势, 导致其双边用户规模均减少, 而先动平台为了避免用户数量的进一步流失, 会降低对双边用户得定价。同时最终利润的变化情况受双边披露信息量的相对大小影响, 已投资区块链服务的后动平台, 更适宜扩大信息披露量, 将技术优势更多地转化为竞争优势, 如如路歌平台在投资区块链服务后, 披露物流全量运营数据, 扩大了可信任数据带来的效用, 增大区块链投资优势。京东物流布局区块链服务后, 依托溯源码为窗口加大信息披露量, 展示商品的全供应链溯源信息, 实现“一物一码”。

(2) 当先动平台的区块链服务决策不同时, 投资带来的时间效益与信任赠增益对后动平台的影响不同, 如当先动亦投资区块链服务时, 同样享受到区块链服务带来的技术优势, 这会对后动平台造成一定影响; 再如信息信任度 δ 的变化对定价影响程度亦不同, 在 IN 情形中, 信任度 δ 的提升有利于不投资区块链服务的平台, 获得更多的信任增益, 平台提高定价进而获利更多; 不利于投资区块链服务的平台, 削弱平台区块链服务投资优势, 导致信任增益减小, 迫使平台降低定价以维持竞争优势。在 II 情形中, 信任度不再影响定价。故后动平台在决定是否投资区块链服务时, 不可只关注投资效益, 亦要将平台置于所处的现实竞争场景中, 考虑对手投资策略的影响, 从而做出更优的决策。

第 5 章 总结与展望

5.1 研究结论

本文以物流平台作为研究对象,在结合双边市场竞争模型与博弈理论等相关方法的基础上,探讨了在垄断、静态竞争、动态竞争环境中,平台区块链服务投资决策与定价策略等方面的问题,旨在为物流平台竞争提供一定的理论依据。

首先,从垄断市场条件下物流平台的定价决策问题出发,结合双边用户交叉网络外部性,考虑用户的区块链服务采纳率,构建基于 Hotelling 的垄断型平台的定价模型,分别讨论了用户不采纳和采纳区块链服务两种情形下物流平台的最优定价问题,研究发现:(1)当区块链服务采纳成本处于较小阈值内时,用户采纳区块链服务对平台更有利,反之会不利于平台。(2)随着交叉网络外部性较大一方采纳率的增长,平台会降低对该方定价甚至补贴,而提高对另一方定价;当双方采纳率处于一定水平时,平台倾向于向交叉网络外部性较大一方降低定价,向另一方提高定价,并且双方采纳率的差异程度会影响定价的差异程度;(3)平台应对交叉网络外部性大的一边用户降低价格,刺激该边用户提高采纳率,增加另一边的区块链服务采纳价值增量,提高平台的整体利润。平台也可以致力于降低区块链服务采纳成本,促进采纳率的提升,增加双边的价值增量,提升整体利润。

其次,在静态竞争条件下结合交叉网络外部性、区块链服务投资效益、固定成本、竞争对手投资策略,构建基于 Hotelling 模型的物流平台投资与定价的多主体博弈模型,并对比 4 种不同投资组合情形下的博弈均衡解,分析平台占优投资策略与投资意愿的影响因素,主要研究结论包括:(1)无论平台是披露信息较多一方亦或是披露信息较少一方,当竞争对手不投资区块链服务时,平台区块链投资意愿与时间效益、信任增益正相关,即投资决策为平台带来竞争优势;而当竞争对手亦投资区块链服务时,综合投资效益取决于多种因素,故平台在衡量是否投资区块链服务时,不可只关注投资效益,也要考虑对手投资策略的影响。

(2)在不同投资组合情形下,信息信任度的变化对定价影响程度不同,当平台与竞争对手投资策略处于不同组合时,平台需采取恰当手段合理调控定价,从而

实现经营目标。(3)在不考虑投资固定成本的前提下,披露信息较多的平台进行区块链服务投资时战略决策空间要大于披露信息较少的平台,即披露信息较多平台更适宜投资区块链服务。

最后,本文在物流平台动态竞争条件下考虑用户交叉网络外部性、区块链服务投资效益、竞争对手投资策略等因素,结合 Hotelling 与 Stackelberg 主从博弈模型,建立了不同时序下平台博弈决策与定价模型,并对比 2 种不同投资组合情形下的博弈均衡解,分析平台占优投资策略与投资意愿的影响因素,主要研究结论包括:(1)当先动平台不投资区块链服务时,后动平台投资区块链服务后,会降低先动平台的竞争优势,导致其双边用户规模均减少,而先动平台为了避免用户数量的进一步流失,会降低对双边用户的定价。同时最终利润的变化情况受双边披露信息量的相对大小影响,已投资区块链服务的后动平台,更适宜增加信息披露量,将技术优势更多地转化为竞争优势。(2)当先动平台的区块链服务决策不同时,投资带来的时间效益与信任赠增益对后动平台的影响不同,如当先动亦投资区块链服务时,同样享受到区块链服务带来的技术优势,这会对后动平台造成一定影响,故后动平台在决定是否投资区块链服务时,不可只关注投资效益,亦要将平台置于所处的现实竞争场景中,考虑对手投资策略的影响,从而做出更优的决策。

5.2 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、动态竞争条件下平台的区块链服务投资与定价决策问题,并得到了一些研究成果。然而,受限于目前的研究条件和其他的外在因素,当前研究仍存在一些不足之处:

(1) 尽管本文对静态和动态环境下的垄断和寡头竞争的物流平台投资与定价问题进行了详细的讨论,但所得的结论均是在双寡头竞争情形下取得的,未来可扩展至多寡头竞争情形中。

(2) 在本文的研究中,只考了物流平台的区块链服务投资与定价问题,并未考虑到其他类型的服务投资问题,所以未来可考虑研究关于物流平台其他类型服务投资等相关问题。

参考文献

- [1] 吴婷. 区块链赋能智慧物流平台化发展的挑战与应对策略[J]. 商业经济研究, 2022(01): 105-108.
- [2] Nakamoto S. Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system [EB/OL]. <https://bitcoin.org/en/bitcoin-paper>.
- [3] 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.
- [4] Jean-Charles R, Jean T. Platform Competition in Two-sided Markets[J]. Journal of the European Economic Association, 2003(1): 990-1029.
- [5] 赵莉莉. 反垄断法相关市场界定中的双边性——理论适用的挑战与分化[J]. 中外法, 2018(2): 512-531.
- [6] Armstrong M. Competition in Two-Sided Markets[J]. RAND Journal of Economics, 2006, 37: 668-691.
- [7] 盖伦, 赵清斌. 双边市场理论的研究进展: 一个文献综述[J]. 哈尔滨商业大学学报(社会科学版), 2013(05): 104-112.
- [8] Rochet, Jan J, Tirole. Cooperation among Competitors: Some Economics of Payment Card Associations[J]. RAND Journal of Economics, 2002, 33(4): 549-570.
- [9] Wright J. One-sided Logic in Two-sided Markets[J]. Review of Network Economics. 2004, 1(3): 44-64.
- [10] David S, Evans. The Antitrust Economics of Multi-sided Markets[J]. Yale Journal on regulation, 2003(20): 325-382.
- [11] 岳中刚. 双边市场的定价策略及反垄断问题研究[J]. 财经问题研究, 2006(08): 30-35.
- [12] Liu W H, Yan X Y, Wei W Y, et al. Pricing decisions for service platform with provider's threshold participating quantity, value-added service and matching ability[J]. Transportation Research Part E, 2019, 122: 410-432.
- [13] 毕菁佩, 舒华英. 基于竞争平台的新老用户定价策略分析[J]. 管理学报,

- 2016, 13(08): 1257-1262.
- [14] 邹佳, 郭立宏. 基于两阶段价格博弈的双边平台两部收费研究[J]. 软科学, 2016, 30(12): 115-119.
- [15] 吴晓隽, 方越. 基于双边市场理论的分享经济平台定价策略剖析[J]. 南京财经大学学报, 2017(05): 28-36.
- [16] 王玉玺, 杨易昕. 产品质量信息不对称情况下双边平台企业的最优定价策略研究[J]. 中国物价, 2019(05): 82-85.
- [17] 刘维奇, 张苏. 双边平台兼并策略下的定价问题分析[J]. 中国管理科学, 2017, 25(05): 17-24.
- [18] Min K K, Song I E. Measuring the Impact of Competition on Pricing Behaviors in a Two-Sided Market[J]. Asia Marketing Journal, 2014, 16: 35-69.
- [19] Paul B, Martin P. Price disclosure by two-sided platforms[J]. International Journal of Industrial Organization, 2019, 67: 102529.
- [20] Argenziano A R. Asymmetric Networks in Two-Sided Markets[J]. American Economic Journal: Microeconomics, 2009, 1(1): 17-52.
- [21] Armstrong M, Wright J. Two-sided Markets with Multi-homing and Exclusive Contracts[J]. Mimeo, University College, London, and National University of Singapore, 2004.
- [22] Chakravorti S, Roson R. Platform competition in two-sided markets: the case of payment networks[J]. Working Paper Series, 2004, 5(1): 118-143.
- [23] Gabszewicz J, Wauthy X. Two-sided markets and price competition with multi-homing[J]. CORE Discussion Papers, 2004.
- [24] 刘霞, 王云龙. 双边市场及平台理论文献综述[J]. 南都学坛, 2018, 38(05): 113-117.
- [25] 曹俊浩, 陈宏民, 孙武军. 多平台接入对 B2B 平台竞争策略的影响——基于双边市场视角[J]. 财经研究, 2010, 36(09): 91-99.
- [26] 桂云苗, 刘大玉, 胡红春. 动态竞争下物流服务平台增值服务投资与定价[J]. 山东大学学报(理学版), 2021, 56(03): 12-22.
- [27] 桂云苗, 程静, 龚本刚. 不同信息策略下竞争型网络货运平台定价研究

- [J/OL]. 中国管理科学: 2023, 31(05): 176-186.
- [28] 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.
- [29] 尚秀芬, 陈宏民. 具有间接网络外部效应平台的动态竞争策略[J]. 商业研究, 2009(02): 10-13.
- [30] Kaiser U, Wright J. Price structure in two-sided markets: Evidence from the magazine industry[J]. International Journal of Industrial Organization, 2006, 24(1): 1-28.
- [31] Evans, David S. Some Empirical Aspects of Multi-sided Platform Industries[J]. Review of Network Economics, 2003, 2(3): 191-209.
- [32] Hagiu A. Pricing and commitment by two-sided platforms[J]. The RAND Journal of Economics, 2006, 37(3): 720-737.
- [33] 王昭慧, 张洪. 基于双边市场的平台所有权研究[J]. 管理工程学报, 2011, 25(01): 49-55.
- [34] 纪汉霖. 用户部分多归属条件下的双边市场定价策略[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(01): 75-83.
- [35] Wu T, Zhang M B, Tian X, et al. Spatial differentiation and network externality in pricing mechanism of online car hailing platform[J]. International Journal of Production Economics, 2020, 219: 275-283.
- [36] Xu X P, Dou G W, Yu Y G. Government investment strategy and platform pricing decisions with the cross-market network externality[J]. Kybernetes, 2021, 50(3): 711-736.
- [37] Ivan K, Wai L. The cross-impact of network externalities on relationship quality in exhibition sector[J]. International Journal of Hospitality Management, 2015, 48: 52-67.
- [38] Chen H. Study on Inter-temporal Pricing to Suppress Negative Network Externalities of Merchants in Two-Sided Markets. 第三十九届中国控制会议论文集(6), 2020: 889-894.
- [39] Hagiu A, Spulber D. First-party content and coordination in two-sided markets[J]. Management Science, 2013, 59(4): 933-949.

- [40] 张凯, 李向阳. 部分重叠业务的双边平台企业竞争模型[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(06): 961-970.
- [41] Dou G W, Ping H, Xu X Y. One-side value-added service investment and pricing strategies for a two-sided platform[J]. International Journal of Production Research, 2016, 54(13): 3808-3821.
- [42] Dou G W, Ping H. Value-added service investing and pricing strategies for a two-sided platform under investing resource constraint[J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2017, 26(5): 609-627.
- [43] 田应东, 杨文胜. BOPS 渠道下制造商优惠券投放决策和零售商增值服务策略演化研究[J]. 控制与决策, 2023, 38(12): 3543-3552.
- [44] 桂云苗, 武众, 龚本刚. 竞争环境下双边平台增值服务质量投资竞争研究[J]. 中国管理科学, 2021, 29(05): 65-76.
- [45] 张川, 田雨鑫, 肖敏. 考虑交叉网络外部效应的多边配送平台增值服务投资与定价策略[J]. 系统工程理论与实践, 2019, 39(12): 3084-3096.
- [46] 刑大宁. 双边市场视角下物流平台运营机制研究. 北京交通大学[D]. 2019.
- [47] 黄静静, 陈荔, 赵嫻. 分享经济下考虑众包物流平台投资建设和竞争定价策略. 上海理工大学学报[J]. 2022, 44(3): 299-307.
- [48] Tseng J H, Liao Y C, Chong B, et al. Governance on the drug supply chain via Gcoin blockchain[J]. International journal of environmental research and public health, 2018, 15(6): 1055.
- [49] Choi T M, Luo S. Data quality challenges for sustainable fashion supply chain operations in emerging markets: Roles of blockchain, government sponsors and environment taxes[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2019, 131: 139-152.
- [50] Yan K, Cui L, Zhang H, et al. Supply chain information coordination based on blockchain technology: A comparative study with the traditional approach[J]. Advances in Production Engineering & Management, 2022, 17(1): 5-15.
- [51] De G P. Blockchain and smart contracts in supply chain management: A game theoretic model[J]. International Journal of Production Economics, 2020, 228: 107855.

- [52] Dolgui A, Ivanov D, Potryasaev S, et al. Blockchain-oriented dynamic modelling of smart contract design and execution in the supply chain[J]. *International Journal of Production Research*, 2020, 58(7): 2184-2199.
- [53] Wang Y, Han J H, Beynon-Davies P. Understanding blockchain technology for future supply chains: A systematic literature review and research agenda[J]. *Supply Chain Management*, 2019, 24(1): 62-84.
- [54] Saberi S, Kouhizadeh M, Sarkis J, et al. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management[J]. *International Journal of Production Research*, 2019, 57(7): 2117-2135.
- [55] 孙中苗, 徐琪, 史保莉. 区块链技术驱动下不同消费者类型的供应链最优定价决策[J]. *管理学报*, 2021, 18(09): 1382-1391.
- [56] 谭春桥, 刘瑞环, 赵程伟. 基于区块链技术的疫苗供应链定价策略研究[J]. *管理工程学报*, 2022, 36(6): 1-16.
- [57] 梁喜, 肖金凤. 基于区块链和消费者敏感的双渠道供应链定价与渠道选择[J]. *中国管理科学*, 2023, 31(05): 29-38.
- [58] 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(5): 1179-1196.
- [59] 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.
- [60] 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.
- [61] Choi T M, Feng L, Li R. Information disclosure structure in supply chains with rental service platforms in the blockchain technology era [J]. *International Journal of Production Economics*, 2020, 221: 107473.
- [62] Choi T M. Blockchain-technology-supported platforms for diamond authentication and certification in luxury supply chains[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2019, 128: 17-29.
- [63] 吉清凯, 张凤麟, 方刚, 等. 零售供应链中的区块链参与决策与产品定价博

- 弈模型[J]. 中国管理科学, 2023, 31(03): 102-112.
- [64] Shen B, Dong C, Minner S. Combating Copycats in the Supply Chain with Permissioned Blockchain Technology[J]. Production and Operations Management, 2021. DOI:10.1111/poms.13456.
- [65] Niu B Z, Shen Z F, Xie F F. The value of blockchain and agricultural supply chain parties' participation confronting random bacteria pollution[J]. Journal of cleaner production, 2021, 319: 128579.

攻读硕士学位期间参与的科研项目工作及研究成果

研究成果：

1.杨兰, 桂云苗. 考虑区块链服务采纳的网络货运平台定价研究[J]. 阜阳师范大学学报(自然科学版), 2023, 40(04):77-84.

2.论文《竞争环境下物流平台区块链服务投资策略研究》审稿中；

参与项目：

1.参与安徽省教育厅基金项目《用户不完全信息下物流平台增值服务投资策略研究》；

2.参与安徽省级基金项目《区块链技术赋能下的物流平台服务投资机制研究》；

3.参与安徽省高校自然重点项目《基于“双重”网络视角的安徽新能源汽车产业关键共性技术创新影响路径研究》；

致谢

光阴荏苒，硕士研究生的学习即将结束，三年的学习生活使我受益匪浅。

首先，我要感谢导师桂老师，老师为人谦和，平易近人，每当我在学习的过程中有疑问时，老师会耐心得指点我，使我在研究与写作的过程中不迷失方向，他严谨的治学之风和对事业的孜孜追求将影响和激励我一生，借此机会，我谨向桂老师以及所有教导过、关心过我的老师致以深深的谢意。

其次，感谢一直关心着我的同学们，感谢你们给予我的关心和帮助，同窗之谊，值得铭记。

最后，要感谢一直陪伴我的家人和朋友，如果没有你们，我也就无法走上继续求学的道路，是你们的鼓励给了我巨大前行的力量，感恩你们给予我的理解与支持，我爱你们！

附录 1:

3.3 对比分析证明

1. NN 模型与 IN 模型利润对比

$$\pi_1^{NN*} = \frac{(3f-3\theta+\delta m_1-\delta m_2)^2}{9(f-\theta)}, \quad \pi_1^{IN*} = \frac{(3f-t+T-3\theta+m_1-\delta m_2)^2}{9(f-\theta)} - c,$$

$$\text{令 } \frac{1}{-1+\delta^2} \left(-t+T-3f(-1+\delta) + (-1+\delta)\delta m_i + (-1+\delta)(3\theta + (1 +$$

$$\delta) \sqrt{\frac{1}{(-1+\delta^2)^2} (-9c(-1+\delta^2)(f-\theta) + (3f(-1+\delta) + \delta(-t+T-3\theta) + 3\theta)^2 + (-1+\delta)\delta m_i(-6f(-1+\delta) + 2(t-T)\delta + 6(-1+\delta)\theta + (-1+\delta)\delta m_i))} \right) \Bigg)$$

$$\text{为 } F_1(m_i), \quad \frac{(T-t)(6f-6\theta+T-t)}{9(f-\theta)} = c_1, \quad \frac{6f-6\theta+T-t-\frac{9c(f-\theta)}{T-t}}{2\delta} = M_2$$

1) 当投资成本 c 处于较小范围 $0 < c < c_1$ 时,

1. 若 $m_2 < M_2$, $\pi_1^{IN*} - \pi_1^{NN*} > 0$
2. 若 $m_2 > M_2$, 当且仅当 $m_1 > F_1(m_2)$ 时, $\pi_1^{IN*} - \pi_1^{NN*} > 0$
3. 若 $m_2 > M_2$, 当且仅当 $m_1 < F_1(m_2)$ 时, $\pi_1^{IN*} - \pi_1^{NN*} < 0$

2) 当投资成本处于较大范围 $c > c_1$ 时,

1. 若 $m_1 > F_1(m_2)$, $\pi_1^{IN*} - \pi_1^{NN*} > 0$
2. 若 $m_1 < F_1(m_2)$, $\pi_1^{IN*} - \pi_1^{NN*} < 0$

2. NI 模型与 II 模型利润对比

$$\pi_1^{NI*} = \frac{(3f+t-T-3\theta+\delta m_1-m_2)^2}{9(f-\theta)}, \quad \pi_1^{II*} = \frac{(3f-3\theta+m_1-m_2)^2}{9(f-\theta)} - c,$$

$$\text{令 } \frac{1}{2} \left(6f + t - T + \frac{9c(f-\theta)}{t-T} - 6\theta \right) = M_3,$$

$$\text{令 } \frac{t-T}{2-2\delta} + \frac{-6f-t+T+6\theta+2m_i}{2(1+\delta)} + \sqrt{\left(\frac{1}{(-1+\delta^2)^2} (-9c(-1+\delta^2)(f-\theta) + (-t+T+3f(-1+\delta) +$$

$$3\theta - 3\delta\theta)^2 + (-1+\delta)m_i(2t-2T-6f(-1+\delta) + 6(-1+\delta)\theta + (-1+\delta)m_i)) \Bigg)} \text{为 } F_2(m_i),$$

1) 当平台间差异程度较大如 $f - \theta > \frac{T-t}{6}$, 区块链投资固定成本较小如 $c < c_1$ 时,

1. 若 $m_2 < M_3$, $\pi_1^{II*} - \pi_1^{NI*} > 0$
2. 若 $m_2 > M_3$, 当且仅当 $m_1 > F_2(m_2)$ 时, $\pi_1^{II*} - \pi_1^{NI*} > 0$
3. 若 $m_2 > M_3$, $m_1 < F_2(m_2)$ 时, $\pi_1^{II*} - \pi_1^{NI*} < 0$

2) 当平台间差异程度较大如 $f - \theta > \frac{T-t}{6}$, 区块链投资成本 c 处于较大范围 $c > c_1$ 时,

1. 若 $m_1 > F_2(m_2)$, $\pi_1^{II*} - \pi_1^{NI*} > 0$
2. 若 $m_1 < F_2(m_2)$, $\pi_1^{II*} - \pi_1^{NI*} < 0$

3) 当平台间差异程度较小如 $f - \theta > \frac{T-t}{6}$ 时,

1. 若 $m_1 > F_2(m_2)$, $\pi_1^{II*} - \pi_1^{NI*} > 0$

2. 若 $m_1 < F_2(m_2)$, $\pi_1^{II*} - \pi_1^{NI*} < 0$

3. NN 模型与 NI 模型对比证明

$$\pi_2^{NI*} = \frac{(3f-t+T-3\theta-\delta m_1+m_2)^2}{9(f-\theta)} - c, \quad \pi_2^{NN*} = \frac{(3f-3\theta-\delta m_1+\delta m_2)^2}{9(f-\theta)},$$

1) 当投资成本 c 处于较小范围 $0 < c \leq c_1$ 时,

1. 若 $m_1 < M_2$, $\pi_2^{NI*} - \pi_2^{NN*} > 0$

2. 若 $m_1 > M_2$, 当且仅当 $m_2 > F_1(m_1)$, $\pi_2^{NI*} - \pi_2^{NN*} > 0$

3. 若 $m_1 > M_2$, $m_2 < F_1(m_1)$, 则 $\pi_2^{NI*} - \pi_2^{NN*} < 0$

2) 当投资成本处于较大范围 $c > c_1$ 时,

1. 若 $m_2 > F_1(m_1)$, $\pi_2^{NI*} - \pi_2^{NN*} > 0$

2. 若 $m_2 < F_1(m_1)$, $\pi_2^{NI*} - \pi_2^{NN*} < 0$

4. IN 模型与 II 模型利润对比

$$\pi_2^{IN*} = \frac{(3f+t-T-3\theta-m_1+\delta m_2)^2}{9(f-\theta)},$$

$$\pi_2^{II*} = \frac{(3f-3\theta-m_1+m_2)^2}{9(f-\theta)} - c,$$

1) 当平台间差异程度较大如 $f - \theta > \frac{T-t}{6}$, 区块链投资成本处于较小范围 $c < c_1$ 时,

1. 若 $m_1 < M_3$, $\pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} > 0$

2. 若 $m_1 > M_3$, 当且仅当 $m_2 > F_2(m_1)$ 时, $\pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} > 0$

3. 若 $m_1 > M_3$, $m_2 < F_2(m_1)$ 时, $\pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} < 0$

2) 当平台间差异程度较大如 $f - \theta > \frac{T-t}{6}$, 区块链投资成本处于较大范围 $c > c_1$ 时,

1. 若 $m_2 > F_2(m_1)$, $\pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} > 0$

2. 若 $m_2 < F_2(m_1)$, $\pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} < 0$

3) 当平台间差异程度较大如 $f - \theta > \frac{T-t}{6}$ 时,

1. 若 $m_2 > F_2(m_1)$, $\pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} > 0$

2. 若 $m_2 < F_2(m_1)$, $\pi_2^{II*} - \pi_2^{IN*} < 0$

5. M_2 、 M_3 与 $F_1(m_2)$ 、 $F_2(m_2)$ 参数范围大小判断

由以上可知, $\frac{6f-6\theta+T-t-\frac{9c(f-\theta)}{T-t}}{2\delta} = M_2$, $\frac{1}{2}\left(6f-6\theta+t-T-\frac{9c(f-\theta)}{T-t}\right) = M_3$, 当 $0 < c < \frac{1}{9}(t-T)\left(-6+\frac{(t-T)(1+\delta)}{(-1+\delta)(-f+\theta)}\right)$ 时, $M_2 > M_3$; 当 $c > \frac{1}{9}(t-T)\left(-6+\frac{(t-T)(1+\delta)}{(-1+\delta)(-f+\theta)}\right)$ 时, $M_2 < M_3$.

令 $\frac{1}{9}(T-t)\left(6+\frac{(T-t)(1+\delta)}{(1-\delta)(f-\theta)}\right) = c_2$, 由于 $\frac{(T-t)(6f-6\theta+T-t)}{9(f-\theta)} = c_1 = \frac{1}{9}(T-t)\left(6+\frac{(T-t)}{(f-\theta)}\right)$, 且 $\frac{(1+\delta)}{(1-\delta)} > 1$, 故 $c_2 > c_1$. 所以综合分析可知, 当 $0 < c < c_1$ 时, $M_2 > M_3$, 而当 $c > c_2$ 时, $M_2 < M_3$.

由以上可知,

$$\frac{1}{-1+\delta^2} \left(-t+T-3f(-1+\delta)+(-1+\delta)\delta m_2+(-1+\delta) \left(3\theta+(1+\delta) \sqrt{\frac{1}{(-1+\delta^2)^2} \left(\begin{aligned} &-9c(-1+\delta^2)(f-\theta)+(3f(-1+\delta)+\delta(-t+T-3\theta)+3\theta)^2+(-1+\delta)\delta m_2 \\ &\delta m_2(-6f(-1+\delta)+2(t-T)\delta+6(-1+\delta)\theta+(-1+\delta)\delta m_2) \end{aligned} \right)} \right) \right)$$

$=F_1(m_2)$,

$$\frac{t-T}{2-2\delta} + \frac{-6f-t+T+6\theta+2m_2}{2(1+\delta)} + \sqrt{\left(\frac{1}{(-1+\delta^2)^2} (-9c(-1+\delta^2)(f-\theta)+(-t+T+3f(-1+\delta)+3\theta-3\delta\theta)^2+(-1+\delta)m_2(2t-2T-6f(-1+\delta)+6(-1+\delta)\theta+(-1+\delta)m_2)) \right)} =$$

$$F_2(m_2), \text{ 且 } F_1(m_2) - F_2(m_2) = \frac{t-T-2m_2}{1+\delta} + m_2 -$$

$$\sqrt{\frac{-9c(-1+\delta^2)(f-\theta)+(-t+T+3f(-1+\delta)+3\theta-3\delta\theta)^2+(-1+\delta)m_2(2t-2T-6f(-1+\delta)+6(-1+\delta)\theta+(-1+\delta)m_2)}{(-1+\delta^2)^2}} + \sqrt{\left(\frac{1}{(-1+\delta^2)^2} \left(-9c(-1+\delta^2)(f-\theta)+(3f(-1+\delta)+\delta(-t+T-3\theta)+3\theta)^2+(-1+\delta)\delta m_2(-6f(-1+\delta)+2(t-T)\delta+6(-1+\delta)\theta+(-1+\delta)\delta m_2) \right) \right)},$$

$$\text{令 } F_1(m_2) - F_2(m_2) = \frac{t-T}{1+\delta} + \frac{-2m_2}{1+\delta} + m_2 - \sqrt{A} + \sqrt{C}, \text{ 其中 } A =$$

$$\frac{-9c(-1+\delta^2)(f-\theta)+(-t+T+3f(-1+\delta)+3\theta-3\delta\theta)^2+(-1+\delta)m_2(2t-2T-6f(-1+\delta)+6(-1+\delta)\theta+(-1+\delta)m_2)}{(-1+\delta^2)^2},$$

$C = \frac{1}{(-1+\delta^2)^2} \left(-9c(-1+\delta^2)(f-\theta)+(3f(-1+\delta)+\delta(-t+T-3\theta)+3\theta)^2+(-1+\delta)\delta m_2(-6f(-1+\delta)+2(t-T)\delta+6(-1+\delta)\theta+(-1+\delta)\delta m_2) \right)$, 判断 $\frac{t-T}{1+\delta} + \frac{-2m_2}{1+\delta} + m_2$ 与 $-\sqrt{A} + \sqrt{C}$ 的符号, 由于 $\frac{t-T}{1+\delta} + \frac{-2m_2}{1+\delta} + m_2 = \frac{t-T}{1+\delta} + \frac{(\delta-1)}{1+\delta} m_2 < 0$, 利用反证法判断 $-\sqrt{A} + \sqrt{C}$ 的符号为何种情况:

$$(1) -\sqrt{A} + \sqrt{C} < 0,$$

$$(2) -\sqrt{A} + \sqrt{C} > 0, \text{ 且 } |-\sqrt{A} + \sqrt{C}| > \left| \frac{t-T}{1+\delta} + \frac{-2m_2}{1+\delta} + m_2 \right|,$$

$$(2) -\sqrt{A} + \sqrt{C} > 0, \text{ 且 } |-\sqrt{A} + \sqrt{C}| < \left| \frac{t-T}{1+\delta} + \frac{-2m_2}{1+\delta} + m_2 \right|,$$

证明步骤如下, 以情况(1)举例说明, 若 $-\sqrt{A} + \sqrt{C} < 0$, 同时将大于号两端分别平方, 即 $A + C - 2\sqrt{A}\sqrt{C} < 0$, 将 $-2\sqrt{A}\sqrt{C}$ 移至右端, 即 $A + C < 2\sqrt{A}\sqrt{C}$, 继续将大于号两端平方, 即 $A^2 + C^2 < 2AC$, 此时移项得到 $A^2 + C^2 - 2AC < 0$, 判断是否与原假设条件相悖。经过计算, 发现情况(1)为正确假设, 故 $F_1(m_2) - F_2(m_2) < 0$, 即 $F_1(m_2) < F_2(m_2)$, 同理有 $F_1(m_1) < F_2(m_1)$. 所以可将命题中参数范围整理成表格 5 中的形式。