

分类号: F272

密 级: 公开

学校代码: 10363

学 号: 2210720111



安徽工程大学

Anhui Polytechnic University

硕士学位论文

题 目 考虑用户公平关切的网络货运平台
定价策略研究

论 文 作 者 谈定波

指 导 教 师 桂云苗 教授

学 科 (专 业) 管理科学与工程

研 究 方 向 物流与供应链管理

论文提交日期: 2024 年 5 月 29 日

分类号: F272
密 级: 公开

单位代码: 10363
学 号: 2210720111

题 目 考虑用户公平关切的网络货运平台定价策略研究

英文并列

题 目 **Research on Pricing Strategy of Online
Freight Platform Considering Users'
Fairness Concerns**

学生姓名: 谈定波

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 5 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：谈定波

日期：2024 年 5 月 29 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：谈定波

日期：2024 年 5 月 29 日

指导教师签名：陈辉

日期：2024 年 5 月 29 日

考虑用户公平关切的网络货运平台定价策略研究

摘 要

在双边市场的运营管理中,用户因不公平感知而产生的公平关切会影响平台的运营决策。本文的研究内容主要是以不同信息水平下的网络货运平台作为研究对象,针对用户出现的公平关切为切入点,分别研究了信息对称竞争市场、信息不对称竞争市场的网络货运平台的定价决策问题。本研究以信息水平和公平关切两个维度,来分析平台和用户的行为因素对平台定价决策的影响机理,旨在为网络货运平台的运营决策提供一定的参考建议。

因此本文通过对公平关切、信息不对称与双边市场等相关文献的归纳分析的基础之上,主要围绕以下两个方面展开研究:

(1) 信息对称下考虑用户公平关切的网络货运平台定价策略研究。

通过构建基于 Hotelling 的平台定价模型,本文探讨了在竞争型的双边市场中,公平关切对平台定价、匹配和利润的影响。本研究得出的结论是,平台对双边用户的定价策略体现了“不患寡而患不均”的思想观点。当只有一方用户持有公平关切时,平台将执行倾斜定价,即以较低的价格向有公平关切的一方倾斜。同时,平台对双边用户的定价差异取决于其“进入价值”的大小,平台对为其带来更大进入价

值的用户收取更低的价格。当双方用户都持有公平关切时，平台就会捕捉并利用这种“不均”心理，从而获得更高的定价权。只要用户表现出公平关切时，就会降低平台的匹配效率。更进一步地，当只有一边用户具有较高的公平关切时，平台的匹配率会更低。与传统的公平关切损害平台利润的观点不同，我们的研究结果揭示了单位剩余和公平关切共同影响平台利润的机制。基于此，平台运营管理者可以通过充分利用双边用户的公平关切心理进行价格博弈，从而掌握市场主动权。

(2) 信息不对称下考虑用户公平关切的网络货运平台定价策略研究。

信息不对称是双边市场中普遍存在的一种现象。出于自身利益的考虑，双边市场的参与者往往会隐藏自己的真实信息。为了探讨两种误报行为对双边市场中平台最优决策的影响，本文在信息不对称的维度下构建了四种 Hotelling 双边平台定价模型，即平台质量努力成本误报行为 (QECM) 和用户公平关切误报行为 (FCM)。通过分析模型的均衡结果，我们得出了一些重要结论。首先，用户的 FCM 会导致平台定价的非中性，即平台的定价会向误报行为一方倾斜。其次，平台的 QECM 和用户的 FCM 都会加剧潜在的道德风险问题，当平台和用户都虚报自己的私人信息时，平台的质量努力水平会达到最低状态。最后，我们揭示了平台和用户虚报信息是一种“损人利己”的策略行为。通过数值模拟，我们验证并分析了上述命题和结论。

关键词：网络货运平台，双边市场，公平关切，信息不对称，定价策略

RESEARCH ON PRICING STRATEGY OF ONLINE FREIGHT PLATFORM CONSIDERING USERS' FAIRNESS CONCERNS

ABSTRACT

In the operations management of two-sided markets, users' fairness concerns from unfair perceptions affect the platform's operating decisions. This research focuses on online freight platforms under different information levels, and their pricing decisions in information symmetric and asymmetric competition markets are studied separately, targeting the fairness concerns appeared by users as the entry point. This study takes the two dimensions of information level and fairness concern to analyze the influence mechanism of the platform and the user's behavioral factors on the pricing decision of the platform, aiming to provide certain reference suggestions for the operation decision of online freight platform.

Therefore, based on summarizing and analyzing the relevant literature on fairness concerns, two-sided markets, and information

asymmetry, this paper focuses on the following two aspects:

(1) Research on the pricing strategy of online freight platforms for users' fairness concerns under information symmetry.

By constructing the Hotelling pricing model of online platforms, this paper explores the role of fairness concerns in the pricing, matching and profits in competitive two-sided markets. It is found that platform pricing strategies for bilateral users reflect the viewpoint of “worry not rareness but disparity”. When only one side of users pursues fairness concerns, the platform will perform tilted pricing, i.e., favoring the side with fairness concerns with lower prices. Meanwhile, the difference of the platform's pricing for bilateral users depends on their size of “entry value”, platforms charge lower prices to users who bring them greater entry value. When the both sides conduct fairness concerns, the platform would capture and exploit the “disparity” mentality of bilateral users to obtain higher pricing power. The matching rate of platform suffers whenever user exhibit fairness concerns after all. Furthermore, platform's matching rate is lower in the scenario where users on only one side have a higher level of fairness concerns. Contrary to the common view that fairness concerns harm the platform's profit, our findings reveal the mechanism that the unit surplus and fairness concerns can jointly affect platform's profit. Based on this, the platform's operation managers can perform price gaming by fully utilizing the bilateral user's fairness psychology.

Furthermore, take the initiative in the market.

(2) Research on the pricing strategy of online freight platforms for users' fairness concerns under information asymmetry.

Information asymmetry is a common phenomenon that exists in two-sided markets. Participants in two-sided markets tend to hide their true information out of self-interest. To explore the effect of two misreporting behaviors on optimal platform decisions in two-sided markets, this paper constructs four Hotelling's bilateral platform pricing models under two dimensions of information asymmetry, i.e., the behavior of platform's quality effort cost misreporting (QECM) and users' fairness concerns misreporting (FCM). By analyzing the equilibrium results of models, we conclude some important findings. Firstly, users' FCM causes non-neutral of platform pricing, i.e., the platform skews pricing to side with misreporting behavior. Secondly, both platforms' QECM and users' FCM exacerbate the potential moral hazard problem, and the platform's quality effort level reaches a minimum state when both platforms and users misreport their own private information. Finally, we reveal that misreporting of information by both platforms and users is a "self-interest and detriment to others" strategic behavior. Through numerical simulations, we verify and analyze the above propositions and conclusions.

Author: Tan Dingbo (school of economics and management)

Supervised by: Professor Gui Yunmiao

KEY WORDS: online freight platforms, two-sided markets, fairness concerns, information asymmetry, pricing strategies

目 录

摘 要	I
ABSTRACT	IV
目 录	VIII
第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	3
1.2 研究内容和创新点	4
1.2.1 研究内容	4
1.2.2 创新点	6
1.3 研究方法和技术路线	7
1.3.1 研究方法	7
1.3.2 技术路线	8
第 2 章 相关概念与研究综述	10
2.1 国内外研究现状	10
2.1.1 双边市场定价策略	10
2.1.2 双边匹配	11
2.1.3 公平关切	12
2.1.4 质量努力	13
2.1.5 信息不对称	14
2.1.6 文献述评	15
2.2 研究方法概述	16
2.2.1 平台定价理论	16
2.2.2 Hotelling 博弈和优化求解方法概述	18
第 3 章 信息对称下用户公平关切的网络货运平台定价策略研究	20
3.1 问题描述与相关假设	20
3.2 模型构建与均衡分析	22
3.2.1 情形 N 下的平台最优决策	23
3.2.2 情形 R 下的平台最优决策	24
3.3 公平关切对平台决策的机理分析	27
3.3.1 公平关切对定价和匹配的影响	27
3.3.2 公平关切对平台利润的影响	28
3.4 比较分析	30
3.4.1 平台定价的比较	30
3.4.2 平台利润的比较	32
3.4.3 平台匹配率的比较	33
3.5 数值分析	34
3.5.1 平台定价的分析	34
3.5.2 平台匹配率的分析	35

3.5.3 平台利润的分析.....	36
3.6 模型扩展.....	37
3.6.1 竞争瓶颈情形.....	37
3.6.2 公平关切的异质性.....	38
3.7 本章小结.....	39
3.7.1 主要结论.....	39
3.7.2 管理启示.....	40
第 4 章 信息不对称下用户公平关切的网络货运平台定价策略研究	41
4.1 问题描述与相关假设.....	41
4.2 模型构建与均衡分析.....	42
4.2.1 信息对称下的平台最优决策.....	44
4.2.2 信息不对称下的平台最优决策.....	45
4.3 信息不对称对平台决策的机理分析.....	47
4.3.1 FCM 对平台定价和质量努力的影响.....	47
4.3.2 QECM 对平台定价和质量努力的影响.....	49
4.3.2 信息不对称对平台利润的影响.....	50
4.4 比较分析.....	51
4.4.1 平台定价的比较.....	51
4.4.2 平台质量努力水平的比较.....	52
4.4.3 双边用户的效用比较.....	53
4.4.4 平台利润的比较.....	54
4.5 策略行为分析.....	55
4.6 数值分析.....	57
4.6.1 平台定价的分析.....	57
4.6.2 平台质量努力水平的分析.....	58
4.6.3 双边用户效用的分析.....	59
4.6.4 平台利润的分析.....	60
4.7 本章小结.....	61
4.7.1 主要结论.....	61
4.7.2 管理启示.....	62
第 5 章 全文总结与展望	64
5.1 研究结论.....	64
5.2 研究展望.....	65
参考文献.....	67
附录	77
附录 1 证明过程.....	77
附录 2 均衡结果.....	86
攻读硕士学位期间发表或录用的学术论文与参与的科研项目经历	89
发表或录用的学术论文.....	89
参与科研项目.....	89
致谢	90

第 1 章 绪论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

随着互联网和平台经济的迅猛发展,网络货运平台的兴起对物流运输行业发展起到了至关重要的作用^[1]。据国家统计局数据显示,截止到 2021 年,中国的货运市场整体规模达 9 万亿元人民币,其中公路货运大约占中国总运输市场的 78%。此外,据交通运输部网络货运信息交互系统统计,截止 2022 年底,全国共有 1755 家网络货运企业(含分公司),整合社会零散运力 594.3 万辆,整合驾驶员 522.4 万人。因此,货运平台的发展正以迅猛的速度增长。

然而,随着货运市场在进一步扩大,货运平台信息不对称,平台与货主和车主之间纠纷等问题愈发尖锐^{[2]~[4]}。近几年,以运满满、货拉拉等为代表的货运平台公司的运营模式面临各类挑战,部分司机接到虚假订单消息,平台对货车司机收取高额会员费等导致大量司机离开平台,这些问题都限制了平台的进一步发展。由于这种低效率和高成本的运行模式,使得平台的发展面临着瓶颈期^[5]。虚假订单和货源信息使得卡车司机无法知晓信息的有效性,平台双边用户无法建立信息连接的桥梁,降低了平台的匹配效率。同时,平台对车主(货运服务需求商)和货主(货运服务供应商)加大会员费收取引起了用户的不满情绪,从而使用户做出一些非理性行为并严重影响平台的匹配效率^[6]。例如,近日以来,满帮集团等 8 家网络货运平台因为存在高价收费等问题,导致用户的抱怨声高涨,被相关监管部门约谈。上述问题对平台的发展势必会造成不利的影响。因此,要想促进货运平台的健康持续发展,对平台用户的心理行为的关注必不可少。

平台通过对双边用户收取固定费和每次交易费的方式来获得利润^[7]。因此,用户是平台赖以生存的基础。关注用户的心理行为,是平台获取用户的重要渠道。消费者的心理行为会受到产品价格与参考价格之间的差异以及他们对交易的感

知的影响^[8]。考虑到市场上有众多货运平台,在这种竞争环境下,用户对价格波动极为敏感^{[9]~[10]}。此外,这种价格感知会导致消费者关注公平的心理行为^[11]。当不平等对他或她有利时,顾客可能会感到不安或内疚,但当不平等对他或她不利时,顾客可能会感到愤怒或愤慨^{[11]~[12]}。一般来说,相对于当不公平对他们不利时,人们认为不公平对他们有利时,他们寻找归因的动机就会减少^[13]。也就是说,与同等或有利的价格相比,在不利价格中感知到的不平等会增加经济牺牲的感觉,这会降低所提供的感知价值^[11]。研究表明,不公平的价格认知会导致负面的不满情绪^[14],不满是一种与愤怒相关的负面体验^{[15]~[16]}。因此,不满会引发非理性行为,严重影响平台的匹配率^[2]。

这也得到了行为运营管理(Behavioral Operations Management)理论的支持。行为经济学的研究表明,人们不仅对自身利益的公平性很关心,而且对同水平下的周围人的利益也抱有极大地关心,即公平关切心理^{[17]~[19]}。在市场交互过程中,人们对于价格和薪水的变动上会存在公平关切的心理,从而会影响用户的决策行为^[20]。市场用户会通过“参照价格”的方式做出对自己最有利的决策。具体来说,当参照价格高于现价时,用户会感知收益,获得心理盈余,从而诱导客户产生购买的行为。反之,他们会感到损失,从而减少购买的行为^{[21]~[23]}。对于平台型用户来说,他们也具有这种参照效应^{[9]~[24]}。该参照效应会使平台用户产生公平关切的心理,进而促使用户选择其他的平台或者离开平台,对平台的利润造成影响^[3]。显然,用户的公平关切是一种典型的心理行为因素,已经变成了一个严重的问题,这会影响顾客的购买决策^[25]。因此,对于货运平台来说,显然要考虑到用户的公平关切的心理行为。

同时,在现实中,由于知识垄断、行业壁垒或利益冲突,企业往往向其他合作伙伴隐瞒或歪曲一些重要信息,即信息不对称^[26]。信息对决策者具有巨大的价值,如生产成本、市场需求、环境销售努力、公平性问题等方面的信息^{[27]~[30]}。在市场互动过程中,其他个人或企业看不到的信息被称为私人信息。同时,它在市场中的表现形式为信息不对称。在双边市场中,双边用户通过委托平台进行信息交易服务,平台则作为信息交易的中介,从而使其获得更大的知识优势^{[31]~[32]}。正是这种代理关系的出现,产生了平台与用户之间的信息不对称^[33]。

总之,信息不对称对市场交易形成了重大影响。很明显,决策主体往往会受到心理因素的影响,如误报行为和公平问题。这些决策过程中经常涉及的私人信

息会影响决策过程。因此，探索信息不对称可以激发行为运营管理的新思路。之前的文献主要探讨了各种信息不对称的影响机制，他们中的大多数都致力于供应链的研究。区别于他们的研究，我们发现双边市场下，信息价值对平台和用户之间的委托代理关系存在新的见解。我们将信息不对称的价值引入到双边市场的定价决策当中。

1.1.2 研究意义

本文聚焦公平关切、信息不对称和双边市场的相关理论，主要以网络货运平台对双边用户公平关切的研究为切入点，重点探讨了用户公平关切对双边市场的定价策略的影响机制。此外，我们综合考虑了用户不对称的公平关切信息，以及平台不对称质量努力成本信息这两种信息不对称的情形。我们将这两种信息不对称纳入到双边市场的理论中，探讨信息价值对双边市场的定价决策。鉴于此，主要表现在以下两个方面：

（1）理论意义

目前有关于双边市场的研究，大多数集中在决策者完全理性的情况下，忽略了双边用户的非理性行为。而公平关切作为典型的非理性行为，较多的集中于供应链领域的研究。对于双边市场下，用户公平关切少有研究。本文通过将公平关切纳入双边市场的定价策略研究，探讨公平关切对平台的定价机制。同时，我们通过分析公平关切对平台定价和匹配的机制，系统的揭示了公平关切的传导路径。在一定程度上丰富双边市场的研究成果，为公平关切对平台运营的作用机理提供理论依据。

其次，市场的参与者之间普遍存在信息不对称，信息的不对称对供应链（市场的参与主体企业或个人）绩效有显著影响，包括参与者的利润、定价决策等。先前的文章考虑信息不对称情形总是发生在供应链领域，并且他们将这种信息不对称集中于需求信息不对称，成本信息不对称等。然而，这种不对称的信息鲜有人知的被提及在双边市场的领域。在本文中，不同于先前的研究，我们假设平台拥有关于质量努力成本的私人信息，买方用户拥有公平关切的私人信息。我们将研究这两种信息不对称如何影响双边平台的最优决策和利润，并探讨误报信息对双边市场最优决策的影响机理。

（2） 实践意义

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。而用户的心理行为变化会严重的影响他们的决策行为。因此，对用户的心理行为的关注是必不可少的，平台通过掌握双边用户的心理行为变化，进而采取一系列的应对措施可以增加用户粘性，扩大市场份额。本文紧扣用户公平关切的平台定价决策这一核心问题，并结合对称信息下用户的公平关切和不对称信息下公平关切两个维度，研究网络货运平台的最优定价。通过对最优策略性质的探讨，得出公平关切对平台定价和匹配的影响机理，为平台的运营决策提供相应的理论依据和管理启示，这对现实中的网络货运平台识别用户公平关切并采取相应定价决策具有重要的现实意义。

其次，在平台的运营实践中，平台作为信息交易的中介，他们掌握着更多的资金流和信息流。并且，双边用户作为双边市场的主要参与者，十分关注价格的波动。因此，平台关于质量努力的成本信息，与用户的公平关切并不总是对称的。尽管存在这些担忧，信息不对称管理实践如何影响双边市场反应的问题仍然没有答案。在我们的研究当中，我们综合考虑了这两种信息不对称的情形。另一个更重要的方面，我们将这两种信息不对称整合到双边市场的理论中，探讨信息价值对双边市场的定价决策。

1.2 研究内容和创新点

1.2.1 研究内容

互联网的迅速发展使得“互联网+物流”在物流行业具有良好的应用前景。其中借助互联网与新兴技术搭建的网络货运平台是国内物流行业未来转型升级的主要趋势之一。因此网络货运平台备受关注，成为物流行业的核心竞争力。以现实背景为依托，本文研究了用户公平关切对网络货运平台的定价策略如何影响，以帮助网络货运平台吸引双边用户和获取市场的竞争优势。

本课题的研究内容主要是以不同信息水平下的网络货运平台作为研究对象，针对用户出现的公平关切为切入点，分别研究了信息对称竞争市场、信息不对称竞争市场的网络货运平台的定价决策问题。本研究以信息水平和公平关切两个维

度，来分析平台和用户的行为因素对平台定价决策的影响机理，旨在为网络货运平台的运营决策提供一定的参考建议。各章节的具体安排及内容阐述如下：

第一章：绪论。主要阐述本文的研究背景、选题的目的及意义、研究思路及研究内容、本文的研究框架，发现双边平台问题所在与研究价值。找出可以深入研究的地方。最后阐述本文的章节内容和主要研究框架，并指出论文研究创新之处、研究方法与技术路线。

第二章：相关理论与国内外研究现状。介绍本文研究内容的相关理论基础，并对国内外现有的研究成果进行综述。相关理论和文献综述的内容包括双边市场理论、双边匹配、公平关切理论以及信息不对称理论等。

第三章：信息对称下用户公平关切的网络货运平台定价策略研究。参照周围的相似的人群，当感知到不公正对待时，用户之间也会产生公平关切，这对平台的运营决策也会产生重要的影响。本章探讨用户水平公平关切在双边市场的角色定位。所以在考虑用户公平关切下如何能在提高用户粘性又能确保较高收益的同时设计最优的定价策略，是目前双边平台面临的又一大挑战。在此基础上建立基于 Hotelling 的竞争型博弈模型，分析从用户不追求公平关切到仅有一方追求公平关切，再到双边用户都追求公平关切，平台定价决策的变化机理。

第四章：信息不对称下用户公平关切的网络货运平台定价策略研究。信息不对称已经对市场的交易形成了重要的影响。很明显，决策主体在决策过程中往往会受到误报行为、公平关切等心理因素的影响，这些信息是决策主体的私有信息。我们假设平台致力于其质量努力的策略是一个私有的信息，关于其质量努力的成本信息是具有不对称性的，这是用户不知道的。对用户来说，公平问题是普遍存在的，他们关于公平的关切也是其私有信息。我们的目的是研究质量努力的成本和公平关切的信息不对称对双边市场中参与者的最优决策和质量努力以及利润（或效用）的影响。此外，本章通过比较两种信息不对称情景下的纳什均衡，进而探讨信息不对称对双边市场参与者的价值。

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

具体的研究框架如图 1-1 所示。

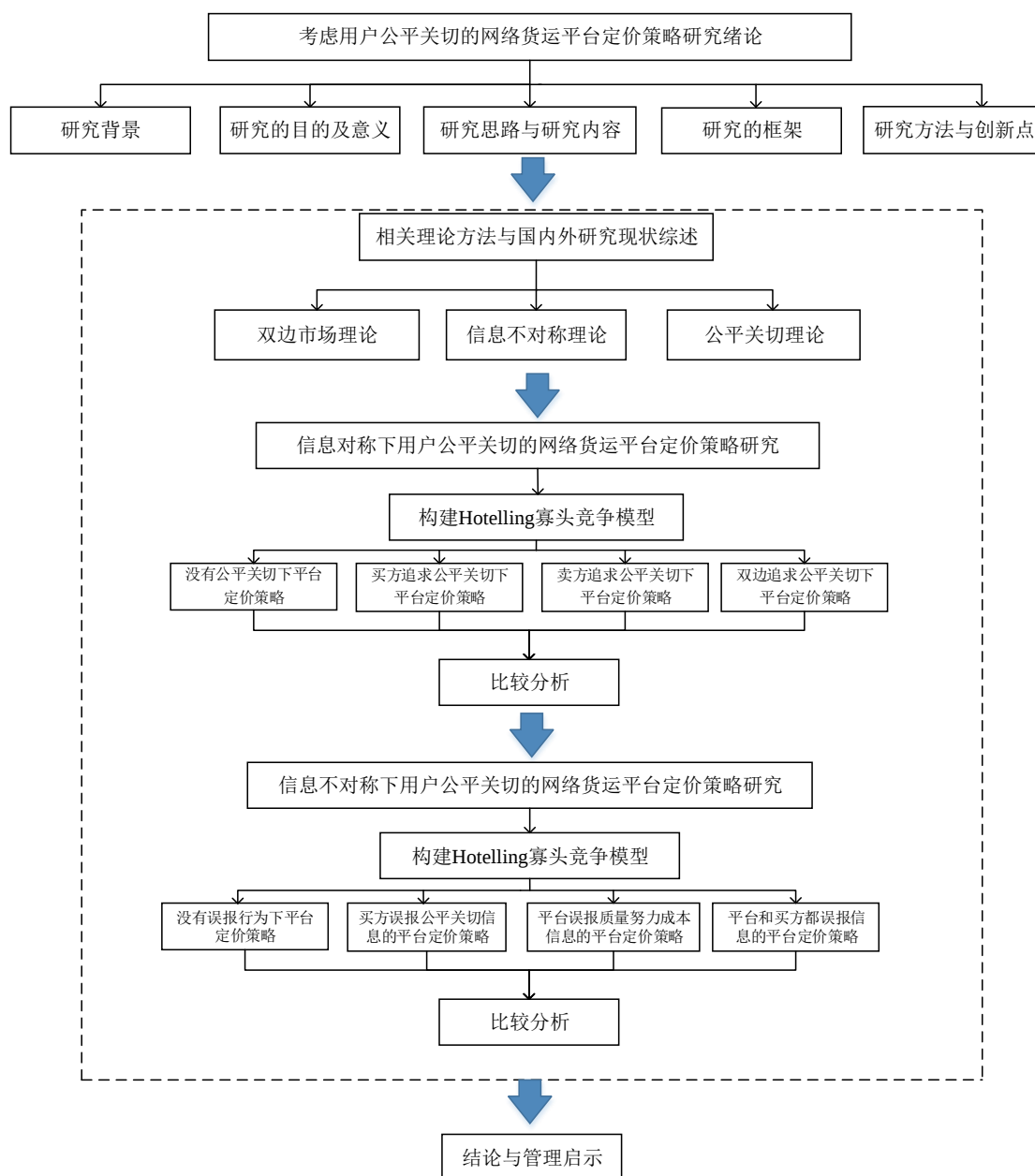


图 1-1 研究框架图

1.2.2 创新点

本文的创新点主要体现在以下三个方面：

(1) 研究视角创新：本文所采取的切入点是从平台运营及其顾客心理行为的角度，来提升平台服务和竞争优势的一个比较新的出发点，这填补了双边市场中公平关切研究的不足。其次，我们综合交叉了管理学与行为心理学的研究，从用户公平关切和信息是否对称的双重角度出发，研究双边平台在不同信息结构下的最优定价决策问题，从而为现实中的网络货运平台关于定价策略的竞争以及其

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：在双边市场中引入用户的心理行为，从公平关切的角度来研究网络货运平台中的定价决策的问题。分别从信息对称下竞争市场、信息不对称的竞争市场两种信息市场来讨论不同信息水平下的网络货运平台的最优定价问题。此外，本文将双边市场的理论与行为决策的理论相结合。为双边市场中用户的非理性行为下平台的定价决策提供了理论依据。使得本文在平台运营方面存在进一步研究价值。

(3) 管理实践创新：在实践中，考虑信息水平和公平关切，可以指导物流平台的管理者，使其充分把握和利用用户的心理，实施适当的定价策略。从改善网络货运平台运营管理的角度来看，可能有助于平台管理者制定更好的运营策略和实施计划。可以充分利用公平关切的心理机制来提高自己的议价能力。最终，平台在双边市场中占据了主导地位。因此，我们的研究结果对双边平台的运营策略在理论和实践上都有一定的参考价值。

1.3 研究方法和技术路线

1.3.1 研究方法

本研究在总结国内外最新研究成果的基础上，系统地研究双边市场下用户公平关切的定价策略分析，其具体研究方法如下：

(1) 文献综述法

通过大量阅读国内外关于双边市场和公平关切以及信息不对称理论的研究文献，对此进行全面的文献综述，从而系统地、正确地了解掌握该研究的动态发展趋势和方向，并能将最新的研究成果引入课题研究中。对本文的研究提供有效的理论指导。

(2) 博弈论

在构建本文的信息不对称下竞争市场的网络货运平台定价决策模型时，主要参考博弈论中的相关理论及模型。如利用 Hotelling 寡头竞争模型的基本前提假设以及该模型的基本框架，并结合不同影响因素来构建不同信息结构下的平台定价的寡头竞争博弈模型，并利用逆向归纳法求解最优结果，讨论用户公平关切下的最优定价策略。

（3）比较分析法

通过比较不同用户具有公平关切，以及不同信息水平下的最优均衡解、匹配效率和利润等，为网络货运平台的定价策略提供理论依据。

（4）数值仿真法

在分析上述信息对称和信息不对称双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，通过工业实际的数据收集以及参考以往的文献，运用 **Matlab**, **Mathematic** 等相关数学分析软件对模型中的变量进行数值仿真算例分析，模拟验证上述结论的正确性和科学性。然后再考虑做进一步的模型调整和结论分析工作。

1.3.2 技术路线

技术路线是对本文思路的一个梳理，本文聚焦公平关切、信息不对称和双边市场的相关理论，主要以网络货运平台对双边用户公平关切的研究为切入点，重点探讨用户公平关切对双边市场的定价策略的影响机制。此外，我们综合考虑了用户不对称的公平关切信息，以及平台不对称质量努力成本信息这两种信息不对称的情形。我们将这两种信息不对称整合到双边市场的理论中，探讨信息价值对双边市场的定价决策。所以本文在双边市场与平台竞争等相关文献归纳分析的基础之上，将主要的研究内容分为三个板块：

（1）第一阶段在考虑平台对用户单归属的基础之上，通过建立 **Hotelling** 寡头模型，讨论用户公平关切的四种情况，分别为：双边用户都不追求公平关切、车主追求公平关切、货主追求公平关切和双边用户追求公平关切。提出为平台识别用户的公平关切的方法，进而揭示用户公平关切对平台的定价以匹配策略的影响机理。

（2）第二阶段在竞争的市场中讨论信息不对称对平台定价策略的影响，通过建立 **Hotelling** 模型，分别从平台和用户信息对称、平台质量努力成本信息不对称、用户公平关切信息不对称、平台和用户信息都不对称等四种角度分析平台和用户在不对称信息下的最优定价策略。

（3）第三阶段在考虑用户的公平关切和信息不对称对双边市场的定价机制的影响基础之上，达到理清因素之间的影响效果及其相互间关系，凝练本文的主

要结论，形成平台运营管理启示，指导双边平台进一步优化定价策略并采取相应的措施，有效提升双边平台的竞争优势。

最后运用算例分析证明本研究的适用性，进一步调整最优模型。本文的技术路线图如图 1-2 所示。

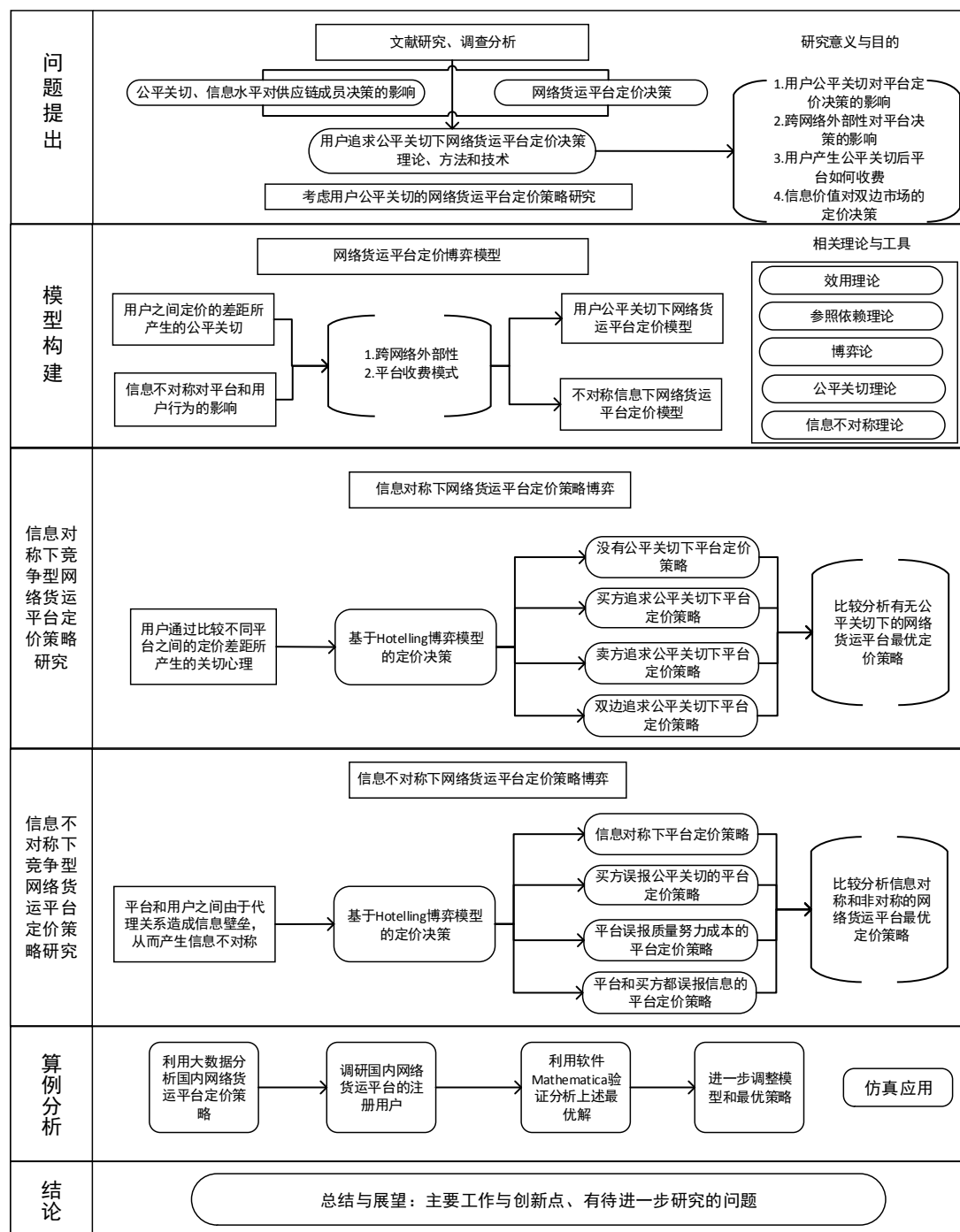


图 1-2 技术路线图

第2章 相关概念与研究综述

2.1 国内外研究现状

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。本文以网络货运平台为研究对象，立足于双边市场理论，主要考虑了货运平台的匹配率和用户的公平关切、信息不对称等因素的平台定价策略的研究。相关研究综述主要分成五个主要方面，即双边市场定价策略、双边匹配、公平关切、质量努力以及信息不对称。

2.1.1 双边市场定价策略

与传统的单边市场相比，双边市场的运营策略对平台经济行为的解释更为充分合理。双边市场，顾名思义，“让双方都参与进来”是一个很有用的描述^[33]。也就是说，它们同时向双边用户出售相互依存和互补的产品或服务^{[7][34][35]}。那么，平台如何吸引双边用户加入平台进行交易呢？平台必须考虑到任何一方的规模和需求，即经济学中的“鸡和蛋”的问题^[36]。为了解决“鸡和蛋”的困境，平台实施了一种定价策略，即补贴一方的参与（分化）（divide），补偿另一方的损失（征服）（conquer），这实际上是一种“分而治之”（divide-and-conquer）的性质^{[34][36][37]}。基于这种定价策略，平台能够吸引一方用户，进而刺激另一方用户参与平台交易，产生正反馈效应，即跨网络外部性。换句话说，如果平台服务于两类代理人，那么至少一个群体的参与会增加另一个群体的参与价值^{[38]~[39]}。这种跨网络外部性对于双边平台具有至关重要的作用，能够快速的促进双边用户数量的增长并扩大平台的规模^[40]。此外，很容易理解的一点是，平台一方所吸引的用户数量取决于另一方的用户数量^{[7][36][41]}。一旦平台的跨网络效用超越其竞争对手，市场就会呈现出“赢家通吃”的特征。最终，平台占据大部分市场份额^{[42]~[43]}。

从关注双边市场中平台定价策略影响的研究开始，一些研究表明，竞争平台的定价策略依赖于跨网络外部性^{[7][44][45]}。基于跨网络外部性，研究从不同类型的

市场结构、垄断、双边单归属和竞争瓶颈来看，揭示了平台的定价策略^{[7][46]}。此外，还有其他形式的交易，包括会员定价、基于交易的定价和交叉补贴等等^{[7][47]}。总之，基于跨网络外部性和市场交易的结构类型，双边市场理论已被应用于各种平台的定价策略，如物流运输平台^[48]、共享乘车平台^[49]、电子商务平台^{[47][50][51]}、社交媒体平台等^[52]。由于平台经济的快速发展，对核心性能的大量投资并不一定会产生平台的竞争优势。相反，通过整个市场的网络外部性，双边平台可以通过为用户投资增值服务（Value Added Service）和质量保证策略来影响需求和利润，从而增加用户的粘性^{[53]~[55]}。

总之，虽然增值服务和质量保证可以为用户提供规模效应，但双边市场的定价决策主要集中在跨网络外部性的基础上。在此基础上，探讨了不同市场结构和交易类型的定价策略。这些研究的一个共同局限是假设双边市场的参与者是完全理性的。此外，它们将信息的价值视为常识。然而，在工业实践中，用户的理性是受限的。此外，他们在心态上也会担心公平性，对收入和价格的波动极为敏感。此外，由于平台与用户之间的代理关系，他们获得的信息不一定相同。现实中，平台作为信息交易的中介，掌握着更多的资本和信息流^{[31]~[32]}。因此，平台的质量努力成本和用户的公平关切并不总是对称的信息。因此，我们假定平台和用户之间的信息是不对称的，即平台的质量努力成本和用户的公平关切在双方之间不是共同的知识。尽管有这些顾虑，但信息不对称的管理方法如何影响双边市场反应的这一问题仍然没有答案。在信息价值影响的驱动下，我们探讨了双边市场下用户非理性行为的定价决策。

2.1.2 双边匹配

双边匹配实际上是一个由中介和双边用户组成的系统问题，中介通过对双边用户进行匹配来达到一个协调的目的。中介通常是为用户提供服务的个人、组织或决策系统。中介根据双边用户的偏好信息提供满足双方需求的匹配结果^[56]。双边匹配问题是最早是针对大学录取和婚姻问题从而提出一种“延迟接受算法”（deferred acceptance algorithm）^[57]。

此后，许多研究将注意力扩展到物流、运输、空中交通管制和拼车等背景下的双边匹配^{[58]~[62]}以及用户行为偏好的影响^{[56][63]}。虽然他们研究了一些行为偏好

对双边匹配的影响，但主要是代理人的满意度、损失厌恶等^{[56][63][64]}，他们并没有澄清公平问题是如何影响双边平台匹配的基本机制的途径。为了设计最佳匹配模型，他们只考虑这些行为偏好作为技术和算法维度的影响。我们将公平偏好纳入双边市场理论，阐明其内在影响机制。

显然，双边匹配问题的研究已经在许多领域产生了重大影响。双边匹配问题是平台运营管理的关键问题。平台根据双方用户的偏好，将买卖双方分散的信息聚合到系统中。通过平台构建多目标优化模型，以获取用户满意度为目标，实现供需最优匹配^{[64]~[65]}。从本质上讲，该系统以供给和需求为中心，实现资源聚集、运营和整合的闭环过程^[66]。在互联网和信息技术飞速发展的时代，网络货运平台蓬勃发展。在网络货运平台上，货主与车主之间的互动可以看作是一个双边匹配问题。平台作为中介，根据货主和车主的订单需求进行最优匹配^[67]。为了实现最优匹配，可以利用一系列基于深度学习的算法来提高平台的运行效率，降低匹配成本^{[5][66]}。综上所述，这些研究只考虑了双边用户在技术层面的匹配结果，而忽略了人的心理行为层面的匹配决策。

由于双边用户的满意度是影响平台匹配的重要因素，因此用户的心理行为对平台的稳定匹配起着至关重要的作用^{[56][65]}。作为一种典型的心理行为，在这种公平关切的驱动下，货运平台的匹配决策会发生怎样的变化？虽然以前的文献主要解决了各种各样的双边匹配问题，但我们的研究侧重于用户心理行为对双边平台匹配决策的影响。

2.1.3 公平关切

各种契约机制广泛研究了传统的经济人假设。它们认为代理人是完全理性的，可以做出经济利益最大化的决策^[68]。然而，现实情况表明，代理人的行为受到社会互动的影响^{[69]~[70]}。也就是说，他们是有限理性的，他们高度关注自身利益的公平性^[20]。根据行为运营管理（BOM）理论，当消费者认为交易没有与周围处于同一水平下的人平等进行时，他们就会对公平性产生担忧^{[11][17]}。

大量研究表明，公平问题对决策者的效用有显著影响^{[71]~[74]}。因此，在模型中引入平等考量，可以消除传统模型的偏差，为管理者提供更加科学合理的管理实践^[29]。关于公平性问题的研究主要集中在分配公平性问题和同行引起的公平性

问题上,其中分配公平性问题最为突出。分配公平关切是指市场参与者不仅关注自身的绝对利润,也关注他人的相对利润^{[33][72]}。另一点是同行引起的公平关切,指的是在位者和进入者之间存在竞争互动,以及他们在价格和利润方面的比较^{[75]~[76]}。无论是分配性公平关切还是同行引起的公平关切,它们总是以公平思维的“参照点”的形式出现,从而影响代理人或组织的行为^[77]。

然而,这些关于公平问题的研究大多集中在供应链领域。此外,他们大多基于两类公平关切进行设计合同,以协调供应链的渠道^{[9][75][78][79]}。工业实践证明,在双边市场下,用户对价格波动一般是损失厌恶型的。他们在实际价格和预期价格之间建立了一个参考点,称为参考价格效应^{[8]~[9]}。在参考价格效应的基础上,我们将进入不同平台的同一方用户之间的价格差异视为同行引起的公平问题。与以往的研究不同,我们将公平关切纳入平台的运营管理中。此外,我们还运用了双边市场理论来解释公平关切的影响机制。值得注意的一点是,我们探讨了不对称公平关切的问题,揭示了信息价值对双边平台参与者的影响。

此外,供应链领域的研究表明,公平偏好信息不对称会导致绩效降低,从而进一步降低其运营效率^[80]。当公平问题涉及个人隐私信息时,供应链无法实现协调^[81]。随后,多个实验表明,在传统供应链中,为了在成员之间创造双赢局面,会提出一系列契约,如信息共享等^{[82]~[83]}。总之,事实已经证明,市场中的对称信息正在向非对称信息进行转变^[68],并且平台参与者的主体双边用户对价格波动尤为敏感。此外,关于他们所关注的公平问题的信息并不总是对称的。因此,在双边市场中考虑非对称公平问题的信息价值具有重要的创新意义。

2.1.4 质量努力

商品或服务的质量作为影响客户体验的直接因素,是决定企业竞争优势的关键因素。对质量保证的努力承诺已成为近期研究的热点话题,引起了广泛关注^[32]。传统的质量保证策略以单边模式为主,大多数研究集中于缺陷退货、免费保修、延保服务等策略。此外,他们还从盈利能力和消费者剩余的角度探讨其质量努力程度^{[84]~[87]}。网络平台经济的发展加速了质量保证策略从单边模式向双边模式的转变^{[88]~[89]}。基于双边市场运营模式的质量努力投资决策需要考虑网络效应和平台的定价策略^{[90]~[91]},从而促进平台的品牌创建和质量优化管理。为进一步治理

平台质量，提出了一些质量监管策略，如排除、补贴、第一方应用（Exclusion, Subsidization 和 First-Party Applications）等。此外，他们还发现，排除策略并不总是在所有情况下都能产生效益。相反，后两种策略会使平台更有利可图，拥有更大的消费者网络，只有补贴才能始终提高社会福利^[54]。他们致力于投资平台的质量工作，包括质量改进和监管两方面。然而，现实情况证明，更高质量的投资并不总是可取的。相反，如果质量努力成本超过一定范围，就会导致平台收入的损失^[92]。

因此，在考虑提高平台质量时，我们必须考虑到这种努力的成本。以往的文献大多关注信息对称下的质量努力策略。然而，为了策略性地利用用户的私人信息，许多学者探讨了信息不对称背景下的渠道协调与公平关切和成本披露问题^{[79]~[80]}。我们的研究更多涉及成本信息不对称，如生产成本、投资成本、努力成本、持有成本等^[30]，这些研究集中于成本信息不对称如何影响供应链效率，以及如何激励供应链成员如实报告成本信息^[93]。研究表明，当成本信息不对称时，信息共享可以降低供应链的低效率^{[94]~[95]}。事实上，平台企业可能经常拥有关于其质量工作成本的私人信息，他们可能会隐瞒或歪曲这些信息^{[96]~[97]}。因此，我们将平台的质量努力扩展到双边市场中的决策变量，其成本信息是不对称。此外，我们还讨论了买方公平关切的不对称信息与平台质量努力成本之间的博弈，这反过来又揭示了平台质量努力水平下降的道德风险问题。

2.1.5 信息不对称

“一个成功的决策等于 90%的信息加上 10%的直觉”。信息也是影响企业经营管理的成功关键。然而，许多研究都探讨了信息不对称背景下的管理实践，因为管理者总是希望策略性地使用私人信息。关于信息不对称的研究以市场需求和成本信息不对称为主^{[28][79]}。与上游供应商相比，下游零售商往往有更多的市场洞察力，因为他们与客户有更多的接触，拥有消费者的第一手销售数据。显然，供应商存在典型的市场需求信息不对称^{[98]~[99]}。为了调和这种需求的不确定性，人们提出了一些合同契约，如批发价格合同、两部制关税合同、承诺惩罚合同等^{[100]~[101]}。然而，我们的工作更多的是与成本信息不对称有关，如生产成本、投资成本、努力程度成本、持有成本等^[30]。这些研究集中在供应链效率如何受到成

本信息不对称的影响,以及如何激励供应链成员如实报告成本信息^{[93][95][102]}。研究表明,当成本信息不对称时,信息共享可以减少供应链的低效率^[95]。随后,多个实验显示,在传统的供应链中,为了在成员之间创建一个双赢的局面,提出了一系列的合同,如信息共享^[83]。然而,这种双赢的局面并不总是能实现^[103]。

综上所述,关于信息不对称的研究主要集中于需求和成本方面,并且他们大部分集中于供应链的协调问题。然而,在平台的运营实践中,平台作为信息交易的中介,他们掌握着更多的资金流和信息流。并且,买卖双方作为双边市场的主要参与者,十分关注价格的波动。因此,平台关于质量努力的成本信息,与用户的公平关切并不总是对称的。尽管存在这些担忧,信息不对称管理实践如何影响双边市场反应的问题仍然没有答案。在我们的研究当中,我们综合考虑了这两种信息不对称的情形。另一个更重要的方面,我们将这两种信息不对称整合到双边市场的理论中,探讨信息价值对双边市场的定价决策。

2.1.6 文献述评

综上所述,双边市场的定价研究已经取得了较为丰富的成果,主要从网络外部性和市场结构的角度探讨双边平台的定价策略。基于此,一些学者通过对用户提供增值服务,考虑质量提升策略等来改进平台的定价策略。对于新型的平台,网络货运平台,匹配能力是衡量其效率的重要因素^[49],以往的文献主要关注需求双方的特性来设置匹配能力,更多的是基于技术特征和算法层面来考虑平台的匹配效率^{[5][104]}。也有少数文献从用户的心理行为方面进行研究^{[56][63]},但是较少从用户的公平关切的角度的来考虑双边匹配问题。对于公平关切的研究大部分侧重于供应链的定价决策中。以往文献已经发现,公平关切会损害整个供应链的利益,因此需要考虑设计相应的合同契约来协调公平关切的不利影响。很少考虑到将公平关切纳入双边市场的定价研究中,而且对于用户的公平关切是如何影响双边平台的定价和匹配决策的研究也较少。而公平关切就是一种典型的心理行为,在这种公平关切的心理驱动下,对货运平台的匹配和定价决策将会发生什么变化。在他们的基础上,我们将公平关切引入到双边市场的决策当中。值得注意的是,上述双边市场的定价和匹配研究都局限于完全理性的情形下,并没有将公平关切视为影响平台决策的重要因素。而公平关切这个场景不仅是一个有趣的问题,而且

是工业中常见的现象。

此外，关于信息不对称的研究主要强调需求和成本方面，它们大多集中在供应链协调问题上。然而，平台的运营实践中，他们作为信息交易中介，掌握着更多的资金和信息流^[31]。同时，由于平台和用户之间的代理关系，使得他们之间信息并不趋向于对称。因此，关于平台的质量努力成本和用户的公平关切，并不总是对称的信息。尽管有这些担忧，信息不对称管理实践如何影响双边市场反应的问题仍未得到解答。在我们的研究中，我们考虑了这两种信息不对称情况的组合。另一个更重要的方面，我们将这两种信息不对称整合到双边市场的理论中，并研究信息对双边平台的定价决策的价值。

基于此，上述文献并没有考虑这些缺点为本文留下了余地。沿着这条路线，本文有助于为具有复杂行为特征的平台运营实践的定价和匹配策略的发展提供了新思路。

2.2 研究方法概述

2.2.1 平台定价理论

在双边市场的定价理论中，影响双边市场整个系统最为关键的是平台的定价影响因素以及平台的定价模式。基于前文的文献综述，一方面，本文认为影响双边市场的定价因素主要分为以下几点，即交叉网络外部性、平台定价的非中性、市场的结构特征。另一方面，平台的定价模式我们认为主要有三种方式，即会员费形式，交易费形式，两部收费形式。下面我们对具体的影响因素和定价模式做一个简单的介绍。

（1）平台定价的影响因素分析

本文认为主要影响因素有以下三个方面。

第一，交叉网络外部性。交叉网络外部性是双边市场的典型特征，“如果双方面对的价格总和不变，两组价格份额的任何变化都会影响交易量。”根据 Rochet 和 Tirole^[105]所述，那么这样的市场被称为双边市场。而影响双边市场一个至关重要的因素就是跨网络外部性：“平台对各组用户的吸引力取决于平台另一侧的用户数量”^{[7][36][41]}。更简单一点的理解，跨网络外部性（也即交叉网络外部性），就是双边市场的一边用户加入对另一方带来的效用^[106]。就目前的研究

文献来看,大部分文献都集中于交叉网络外部性的研究。不可否认,跨网络外部性已经是双边市场不可或缺的一部分。

第二,平台定价的非中性。在平台的创立之初,平台通过集聚交叉网络外部性的优势,从而找出平台的“赢者通吃”的引爆点。因此,与传统的定价模式不一样。平台企业通过非中性定价结构(即倾斜式定价策略,通过对一边用户收取较高的价格,然而对另外一边的用户收取较低的价格,有时甚至会低于成本价格),来建立交叉网络外部性的优势,来吸引一边用户加入,从而建立双边优势。本文认为,这种定价的非中性可以引申为是对市场一方的优待,从而促进整个系统的优化。由此可见,一些补贴策略,质量改进策略,服务的差异化策略,用户的增值服务投资等等,这些皆是依次为为一边用户提供优待,进而优化双边系统。

第三,市场的结构特征。双边市场的定价结构主要分为垄断型定价,用户单归属,以及用户多归属三种结构形式。在早期阶段,Rochet 和 Tirole^[34]讨论了双边平台用户的几种定价结构。他们还比较了不同类型平台的价格分配和用户剩余价值的结果。随后,Armstrong 和 Wright^{[7][46]}分别构建了垄断平台、双边单归属情形和竞争瓶颈情形下的博弈模型。垄断型定价模式虽然是分析双边市场的基础的结构模式,但对于系统的分析具有重要的作用,以此为基础,当用户在竞争的市场环境中可以能选择加入一个平台(即单归属),或者加入多个平台(即多归属)。用户加入平台的特性发生改变,会影响到平台的定价策略,因此市场的结构特性对于平台的定价策略是重要的影响因素。

(2) 平台的定价方式

本文认为一般平台的定价方式大致分为三种。第一,用户通过加入平台产生的会员注册费,一般的认为平台向双边用户在一定的时期内收取一定的会员费,从而达到在平台上进行交易,以享受平台提供的信息服务等等。第二,交易费的形式。平台通过买卖双方平台的交易额以及交易数量在其中进行抽成服务,以一定的比率收取服务费用。第三,两部收费形式,即不仅存在注册会员费,还在其基础上收取一定的比率费用。综上所述,一般分为以上三种,本文内在地认为其只是形式上有所区别,本质上所反映的收费机制具有一定的同质性。考虑到模型的复杂性,本文以第一种收费模式为研究对象。

2.2.2 Hotelling 博弈和优化求解方法概述

本文在基于效用理论的基础之上，充分结合公平关切和信息不对称理论，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信息市场结构下的竞争博弈模型，在运用逆向归纳法的基础上求解均衡解。并探究了不同信息水平下的 Nash 均衡策略。

本文以 Hotelling 博弈模型为基础，建立双寡头价格竞争模型。双边用户通过消费 1 单位的商品。令 p_i 为平台 i 的价格， $D(p_i)$ 为需求函数。如果住在 x 左边的顾客将都在平台 1 进行交易，住在 x 点右边的将在平台 2 进行交易，则平台 1 的需求函数： $D_1 = x$ ，平台 2 的需求函数： $D_2 = 1 - x$ 。

$$p_1 + tx = p_2 + t(1 - x) \quad (2-1)$$

$$D_1 = x, D_2 = 1 - x \quad (2-2)$$

式 (2-1)、(2-2) 表示特定的 x 的消费者到平台 1 和平台 2 消费是无差异点。由于产品在物质性能上是相同的，带给消费者的效用一样，故消费者无论是到平台 1 或是平台 2 消费所付出的成本也一定要一样。成本是一个双边用户的进入平台交易的一系列成本。

假定有两个平台，分别位于城市的两端，平台 1 在 $x = 0$ ，平台 2 在 $x = 1$ ，出售物质性能相同的交易服务，每个平台提供单位产品的成本为 c ，双边用户进行交易的进入成本与离平台的距离成正比，单位距离的成本为 t 。这样，住在 x 的用户如果在平台 1 交易，要花费 tx 的进入成本。如果在平台 2 交易，要花费 $t(1 - x)$ ，具体如图 2-1 所示。

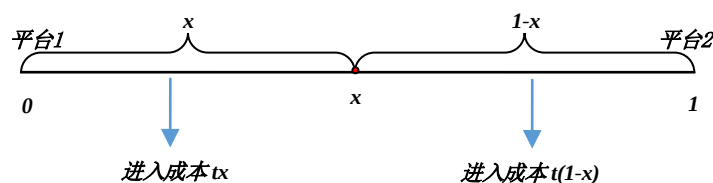


图 2-1 Hotelling 博弈模型

$$\text{因为 } D_1(p_1, p_2) = x = \frac{p_2 - p_1 + t}{2t}, \quad D_2(p_1, p_2) = 1 - x = \frac{p_1 - p_2 + t}{2t};$$

那么

$$\pi_1(p_1, p_2) = (p_1 - c) * D_1(p_1, p_2) = (p_1 - c) * \frac{p_2 - p_1 + t}{2t},$$

$$\pi_2(p_1, p_2) = (p_2 - c) * D_2(p_1, p_2) = (p_2 - c) * \frac{p_1 - p_2 + t}{2t}。$$

则有

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial p_1} = p_2 + c + t - 2p_1 = 0 \quad (2-3)$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial p_2} = p_1 + c + t - 2p_2 = 0 \quad (2-4)$$

式 (2-3) 减去 (2-4) 得 $2p_1 - 2p_2 = p_2 - p_1$ ，即

$$p_2 = p_1 \quad (2-5)$$

将 (2-5) 代入 (2-1) 得 $p_1 = c + t$ 。所以 $p_1^* = p_2^* = c + t$ ，每个平台的均衡利润为 $\pi_1^* = \pi_2^* = \frac{t}{2}$ 。

以此为基础，我们根据本文所针对的特定问题，运用逆向归纳法对这一博弈过程进行求解。主要求解思路：先从 Hotelling 博弈开始分析，求解出双边用户的规模，逐级向前推算带入平台的利润函数，通过利润方程偏导最终得到博弈的结果。后文的模型部分主要涉及利润最大化问题，采用的是海塞矩阵判断负定，证明所求最优解为极大值，

设 n 多元实函数 $f\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 在其邻域内有二阶连续偏导，若有： $\frac{\partial f}{\partial x_i} = 0$ ，

$$i = 1, 2, \dots, n, \text{ 并且 } H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_2} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} \end{bmatrix}, \text{ 当 } H \text{ 为负定矩阵时,}$$

即 $|H_1| < 0$, $|H_2| > 0$, 且 $|H_3| < 0$,。那么说明 $f_i\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 在其邻域内存在极大值。

第3章 信息对称下用户公平关切的网络货运平台定价策略

研究

参照周围的相似的人群，当感知到不公正对待时，用户之间也会产生公平关切，这对平台的运营决策也会产生重要的影响。本章探讨用户水平公平关切在双边市场的角色定位。所以在考虑用户公平关切下如何能在提高用户粘性又能确保较高收益的同时设计最优的定价策略，是目前双边平台面临的又一大挑战。基于 Hotelling 的竞争型博弈模型基础上，本文建立了网络货运平台在四种场景下的定价模型。分析从用户不追求公平关切到仅有一方追求公平关切，再到双边用户都追求公平关切，平台定价决策的变化机理。为了给网络货运平台的定价策略提供适当的参考建议，我们分别从货主（卖方）和车主（买方）的角度研究了公平关切对平台最优定价、利润和匹配率的影响。因此，本章主要解决了以下问题：

- （1）平台的最优定价策略是否受到用户公平关切的驱动？
- （2）公平关切对平台定价的影响机制是什么？
- （3）在这种机制下，平台的匹配率和盈利能力是如何变化的？

3.1 问题描述与相关假设

假设存在两个具有直接竞争关系的网络货运平台（以下简称“平台”） i ($i = 1, 2$)。这些平台为双边货主 (b) 和车主 (s) 提供物流匹配和信息交易服务，货主和车主分别选择加入一个平台（即单归属）。与之前的研究类似^{[7][107][108]}，对于不同的双边市场，双边用户可以选择归属于一个平台，也可以选择归属于多个平台。在本文中，单归属是公平问题分析的主要主题。当然，多归属的也有一定的适用性（详见本章拓展部分）。在现实中，切换到多平台会带来一定的成本和便利性问题^[109]。为了节省时间和精力，大多数货运平台用户更倾向于坚持使用单一平台。同时，平台通过会员费的方式向双边用户收取服务费用。模型的结构如图 3-1 所示。

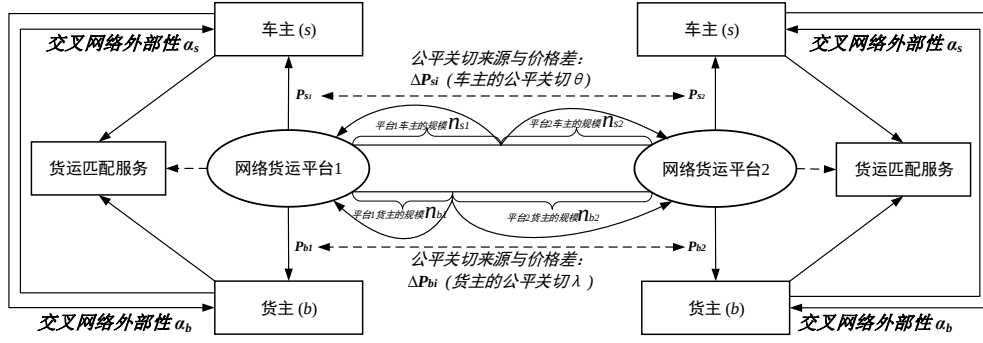


图 3-1 信息对称下双边市场的模型结构

平台 i 对货主和车主分别收取 p_{bi} 和 p_{si} 的会员注册费，进入平台 i 的货主和车主分别为 n_{bi} 和 n_{si} 。因此，双边用户的跨网络效用为 $\alpha_{bi} n_{si}$ 和 $\alpha_{si} n_{bi}$ ，其中 α_b 和 α_s ($\alpha_b, \alpha_s > 0$)为货主和车主相应的跨网络外部性^{[37][106]}。当一个产品对消费者的价值随着其他用户数量的增加而增加时，它被称为具有网络外部性^[110]。双边市场中的跨网络外部性代表了一个用户进入对另一个用户的效用影响。许多学者对这一课题进行了研究^{[7][36][41]}。我们定义交叉网络外部性在文献综述中有更详细的介绍。因此，在我们的模型中，我们使用用户加入的数量来反映这种效用。用户数量越多，每个用户的效用越高，网络中每个人的价值也就越高。因此，在我们的模型中，虽然我们用户数量来表示跨网络的外部性，但这本质上反映的是通过用户进入平台所获得的价值。基于“Hotelling”博弈模型，假设在线性城市中，货主（车主）在两个竞争平台之间的单位运输成本为 $t(f)$ 。货主（车主）到平台 i 的距离为 $m_i(l_i)$ ，在 $[0,1]$ 中服从均匀分布^[7]。车主与货主通过平台 i 进行相互匹配，匹配率用 ρ_i 表示，匹配效用系数为 β 。双方用户匹配完成后，车主和货主均可获得 i 平台提供的 $\beta\rho_i$ 效用。

公平理论研究表明，人们强烈关注收入分配和价格感知的公平性。当平台为双边用户设定不同的价格时，他们会产生关于定价的公平心理^{[111]~[112]}。纵向（分配）和横向（同行诱导）公平问题是构成公平关切的两类问题^{[3][72]}。分配公平关切更多地关注上下游企业之间利益分配的公平性。为了实现分配公平，他们会采取行动维护整个供应链系统的公平^{[75][113]}。相比之下，横向公平关切的是同一类型用户的横向竞争问题^{[72][76]}。在我们的研究中，我们考虑了不同平台之间的竞争。因此，以平台利润最大化为目标，我们强调了同侧用户之间的横向公平问题（即三种情形：货主与货主之间的横向公平关切（ R ），车主与车主之间的横向公平关切（ S ），两者都存在（ T ））。在比较不同平台之间的定价差距时，公平

关切产生于双边用户。例如，两家网络货运平台——运满满和货拉拉，对车主（货主）收取不同程度的会员入会费。因此，它们面临着定价差距较大的相对公平性问题。

具体来说，就是车主（货主）比较两个平台收取的价格。当 1 平台（2 平台）的用户发现自己的平台定价低于 2 平台（1 平台）时，他们会感知到收益。否则，他们感知到的是损失。当价格差距增大时，这种效用感知变得更加明显。我们通过对不同平台上双边用户之间的价格差距来衡量对公平的感知：即 Δp_{bi} 和 Δp_{si} 说明了不同平台上货主和车主价格之间的定价差距。 λ, θ ($0 \leq \lambda \leq 1, 0 \leq \theta \leq 1$) 分别表示货主和车主对公平性问题的敏感程度。对应的 $\lambda \Delta p_{bi}$ 和 $\theta \Delta p_{si}$ 表示货主和车主存在公平性问题时产生的效用^[25]。

本章探讨了竞争市场中用户具有公平关切的平台定价策略。此外，我们还研究了用户的公平关切如何影响平台的匹配率和盈利能力。表 3-1 总结了本章中使用的所有符号和含义。

表 3-1 符号的定义

符号	定义
i	平台($i = 1, 2$)
$\alpha_b (\alpha_s)$	货主（车主）的交叉网络外部性
$n_{bi} (n_{si})$	平台 i 上货主（车主）的数量
$p_{bi} (p_{si})$	平台 i 对双边用户所收会员费
$u_{bi} (u_{si})$	平台 i 上货主（车主）的效用
λ	货主的公平关切水平
θ	车主的公平关切水平
ρ_i	平台 i 的成功匹配效率
β	匹配效用系数
π_i	平台 i 的利润
c	平台的单位匹配成本
$t(f)$	货主（车主）的单位运输成本
$m_i (l_i)$	货主（车主）对于平台 i 的距离

3.2 模型构建与均衡分析

本节描述了具有单归属用户的双边货运平台的最优决策模型的构建。基于公平关切和平台用户两个维度，考虑不同情形下的四种决策模型，如表 3-2 所示。 $\{N, R, S, T\}$ 代表双边用户完全理性（ N ）、货主追求公平关切而车主完全理性（ R ）、车主追求公平关切而货主完全理性（ S ）、双边用户都追求公平关切（ T ）的四种博弈情形。完全理性表示决策者不受某些非理性行为的影响，而有限理性则表明决策者受到一些非理性行为的影响^[32]。这些非理性行为包括损失厌恶和公

平关切等^[72]。研究发现，决策者的有限理性确实存在反映公平关切的行为倾向^[20]。在本文中，我们认为有限理性被认为是一种公平关切行为。因此，完全理性表示双边用户不追求公平关切，即公平中性^[3]。

表 3-2 双边用户公平关切的模式组合

模式	车主	
	公平中性	公平关切
货主	公平中性	N
	公平关切	R
		S
		T

在本节中，我们首先计算了四种模型的均衡解，然后提出进入价值的概念来说明平台的倾斜定价。其次，我们揭示了用户公平关切对平台最优决策的影响机制。最后，本节通过对比四种模型下的最优决策，深刻论证了用户“不患寡而患不均”的心理行为以及平台对此的做出的反应。

3.2.1 情形 N 下的平台最优决策

假设有两个货运平台 1 和 2 相互竞争，为双边用户提供物流匹配服务，双边用户只能单独选择加入一个平台，即为单归属。每个平台都会为每一边用户产生 $\beta\rho_i$ 的效用。同时，双边市场货主的存在，会鼓励更多的车主加入平台，反之亦然。网络外部性使货主和车主获得跨网效用 $\alpha_{bi}n_{si}$ 和 $\alpha_{si}n_{bi}$ 。根据“Hotelling”双寡头竞争模型，平台上的双边用户总数估计为 $1^{[125]}$ ，在 $[0,1]$ 上服从均匀分布^[7]。货主（车主）到平台 1 和平台 2 的距离分别为 $m(l)$ 和 $1 - m(1 - l)$ 。因此，分别产生 $tm(t(1 - m))$ 和 $fl(f(1 - l))$ 运输成本。根据 Armstrong^[7]，运输成本用于说明市场双方的竞争力，因此这里的经济意义在于平台服务的差异化程度。当双边用户是公平中性时，即货主和车主都不追求公平关切。货主加入平台 1 或平台 2 的效用如下：

$$u_{b1} = \beta\rho_1 + \alpha_b n_{s1} - p_{b1} - tm \quad (3-1)$$

$$u_{b2} = \beta\rho_2 + \alpha_b n_{s2} - p_{b2} - t(1 - m) \quad (3-2)$$

同理，车主加入 1 平台或 2 平台的效用如下：

$$u_{s1} = \beta\rho_1 + \alpha_s n_{b1} - p_{s1} - fl \quad (3-3)$$

$$u_{s2} = \beta\rho_2 + \alpha_s n_{b2} - p_{s2} - f(1 - l) \quad (3-4)$$

相应地，平台 i 的利润可由方程（3-5）式计算。

$$\pi_i = p_{bi}n_{bi} + p_{si}n_{si} - \frac{1}{2} \rho_i^2 c \quad (3-5)$$

当货主和车主均为单归属时，双边用户的规模应满足 $n_{b1} + n_{b2} = 1, n_{s1} + n_{s2} = 1$ ，使得效用函数满足 $u_{b1} = u_{b2}, u_{s1} = u_{s2}$ 。因此，求解双边用户的规模，然后将规模代入式(3-5)，得到价格与匹配率的利润方程。通过最大化方程(3-5)中的利润函数，我们推导出定理 3.1 中的平台最优定价、匹配率和利润。

定理 3.1 当满足 $t > \frac{\beta^2}{4c}$ 和 $f > \frac{\beta^2(t+\alpha_b+\alpha_s)+c(\alpha_b+\alpha_s)^2}{4ct-\beta^2}$ ，平台的最优定价、匹配率和利润分别为： $p_{b1}^{N*} = p_{b2}^{N*} = t - \alpha_s$ ， $p_{s1}^{N*} = p_{s2}^{N*} = f - \alpha_b$ ， $\rho_1^{N*} = \rho_2^{N*} = \frac{\beta}{c}$ ，和 $\pi_1^{N*} = \pi_2^{N*} = \frac{cf+ct-\beta^2-c\alpha_b-c\alpha_s}{2c}$ 。

根据定理 3.1，货主和车主的平台定价与自己的单位运输成本正相关，与对方的跨网络外部性负相关。这说明，用户运输成本越高，就会导致平台价格越高。此外，随着用户跨网外部性的上升，一侧用户的平台定价也会下降。例如，考虑平台对车主的定价 (p_{bi}^{N*})。当货主的跨网络外部性增加时（即 α_s 增大），平台将为车主降低定价（即 p_{bi}^{N*} 降低）。同样地，平台对货主的定价也是如此 (p_{si}^{N*})。事实上，单位运输成本（或产品差异化参数）和跨网络外部性被用来描述市场双方的竞争力^{[7][46]}。这可以被解释为：当平台对双边用户实施差异化策略时，他们倾向于向用户收取更高的费用，从而提高他们的利润。在存在跨网外部性的情况下，市场竞争加剧。如果一个平台的网络外部性变得远强于其竞争对手，就会导致“赢家通吃”的现象^{[42]~[43]}。因此，平台为带来更多网络外部性收益的一方设定了更低的价格，从而减少了收入。平台匹配率与匹配效用系数正相关，与匹配成本系数负相关。这是由于用户倾向于选择加入给他们带来更多利益的平台。更多的用户涌向平台，增加了用户的匹配基数，最终提升了平台的匹配率。同时很明显，匹配成本越高，平台匹配率越低。

3.2.2 情形 R 下的平台最优决策

现在，让我们来了解公平关切如何影响平台的定价策略。设 p_{b1} 和 p_{s1} (p_{b2} 和 p_{s2}) 分别表示平台 1 (平台 2) 向双边用户收取的会员价格。在均衡状态下，当两个平台收取的价格不同时，用户会感知到不公平。我们使用 $\lambda(p_{b1} - p_{b2})$ 和 $\theta(p_{s1} - p_{s2})$ 来描述货主和车主对公平关切所产生的效用^[28]。

在上述用户有公平关切的三种情况 (R, S 和 T) 中，主要区别在于受公平关切影响的效用方程，但其他方程具有相同的结构。因此，在公平关切方面，利

润函数的均衡结果没有发生质的变化，仅在数量上有轻微的变化。不失一般性，我们选择情形 R 来讨论用户的公平关切如何影响平台的决策。附录 2 给出了另外两种情况的主要结论。在车主保持公平中性，货主追求公平关切的情况下，货主加入平台 1 或平台 2 的效用如下：

$$u_{b1} = \beta\rho_1 + \alpha_b n_{s1} - \lambda(p_{b1} - p_{b2}) - p_{b1} - tm \quad (3-6)$$

$$u_{b2} = \beta\rho_2 + \alpha_b n_{s2} - \lambda(p_{b2} - p_{b1}) - p_{b2} - t(1-m) \quad (3-7)$$

由于车主的效用不受公平关切的影响，因此车主加入平台 1 或平台 2 的效用函数不变，如式 (3-3) 和 (3-4) 所示。平台 i 的利润函数与式 (3-5) 相同，当货主和车主都是单归属时，和定理 3.1 一样，我们仍然最大化式 (3-5) 的利润函数，并推导出定理 3.2 中平台的最优定价、匹配率和利润。

定理 3.2 当 $t > \frac{\beta^2}{4ch_2}$ 且 $f > \frac{t\beta^2 h_2 + (\alpha_b + h_2 \alpha_s)(\beta^2 + c\alpha_b + ch_2 \alpha_s)}{4ct h_2 - \beta^2}$ ，其中 $h_2 = 1 + 2\lambda$ ，

平台的最优定价、匹配率和利润为： $p_{b1}^* = p_{b2}^* = \frac{t}{1+2\lambda} - \alpha_s$ ， $p_{s1}^* = p_{s2}^* = f - \frac{\alpha_b}{1+2\lambda}$ ， $\rho_1^* = \rho_2^* = \frac{\beta(1+\lambda)}{c(1+2\lambda)}$ 和 $\pi_1^* = \pi_2^* = -\frac{\beta^2 h_3^2 - ch_2(t + fh_2) + ch_2(\alpha_b + h_2 \alpha_s)}{2ch_2^2}$ ，其中 $h_3 = 1 + \lambda$ 。

除公平关切水平系数外，其他所有系数对平台最优定价、匹配率、利润的影响与定理 3.1 基本相同。定理 3.2 也证明了货主的公平关切降低了货主的价格和平台的匹配率，同时提高了车主的价格。这说明货主的公平关切对自己的价格是有利因素，对另一方的价格和平台匹配率是不利因素。相应地，平台总是对不追求公平关切的一方采取价格剥削，对寻求公平关切的一方采用价格补偿来缓解公平关切的不利影响。从上述分析中可以明显看出，纳入公平关切会使一部分用户受益，而损害另一部分用户的利益。与此同时，它也削弱了平台的匹配能力。

基于定理 3.1 和定理 3.2 的均衡解，我们想了解更多关于平台对双边用户的定价策略。在讨论命题 3.1 之前，我们将一侧用户的“进入价值”概念定义为“另一侧用户的跨网络效用减去这一侧用户的单位运输成本”，例如 $\alpha_s - t$ 或 $\alpha_b - f$ 。在 Armstrong 和 Armstrong & Wright 的研究中^{[7][46]}，他们采用了类似的“价格成本利润率”（price-cost margin）的概念来表示，即一方的产品差异化参数减去另一方用户的网络外部性。与他们的定义不同，我们对进入价值的定义恰好等于负的“价格成本利润率”，我们更加侧重于现实意义，优先强调了用户进入平台的价值。换句话说，进入价值衡量的是用户从一方进入平台给双方用户带来的直接

价值。为了更详细地了解进入价值，我们使用了 Armstrong 和 Armstrong & Wright 的相关文献。接下来，我们在表 3-3 中比较了这两个概念之间的差异。进一步洞悉入口价值的实际意义。

表 3-3 进入价值与价格成本利润率的对比

	进入价值	价格成本利润率
定义	另一方用户的跨网络外部性减去该方用户的单位运输成本	该方用户的产品差异化参数减去另一方用户享有的外部性
数学表达式	$a_s - t$ 或 $a_b - f$	$t - a_s$ 或 $f - a_b$
现实意义	一方用户进入平台给双方用户带来的直接价值	描述市场双方的竞争力

从表 3-3 中，我们得出结论，价格成本利润率描述了市场双方之间的竞争强度。如果一个群体在市场上更具竞争力（或给另一个群体带来更大的利益），平台将更积极地瞄准另一个群体^{[7][46]}。也就是说，如果买方比卖方更具竞争力，平台就会补贴买方（即 $p_{bi}^{N*} = t - a_s < 0$ ），反之，则针对另一方。他们的定义仅仅是从针对某一群体的角度来考虑的。而我们的定义（进入价值）衡量的是平台一方用户给双方用户带来的直接价值。我们从进入价值的大小角度评估了平台对双方的定价策略，即针对双方市场。也就是说，平台会向任何一方有更大进入价值的用户提供价格倾斜。

我们从双边市场的角度表达了进入价值的现实含义。具体来说，我们从跨网络外部性和进入成本两个维度对进入价值进行了表征。当更强大的用户加入平台（例如， s 方时），会给另一方（ b 方）带来更强的网络效应，同时，一方的用户因其名气而以更低成本进入平台。那么他们的进入价值就更高，从而平台允许为他们设定一个较低的价格。对于京东、淘宝这样的平台来说，为优质、有实力的供应商加入平台建立低价，对他们来说是有利可图的。这个平台也会在这个过程中吸引更多的消费者。综上所述，我们用进入价值来描绘一个平台的定价策略，我们更注重它的实际意义。

命题 3.1 平台向进入价值较小的一方用户收取较高的价格，向进入价值较大的另一方用户收取较低的价格。

为了分析平台对双边用户的定价差异（即 $p_{bi}^{N*} - p_{si}^{N*} = (a_b - f) - (a_s - t)$ ），命题 3.1 得出结论，平台为进入价值较低一侧用户设定了较高的价格。例如，例如，当进入一个车主带来的“进入价值”大于进入一个货主带来的“进入价值”

时，平台将向货主收取更高的费用（即 $p_{bi}^{N^*} > p_{si}^{N^*}$ ）。当用户追求公平问题时，他们的进入价值会进一步受到影响。具体来说，在情形 R 中，进入一个追求公平关切的货主会增加车主的价值，但进入一个不追求公平关切的车主会减少货主的价值¹。这是因为，平台为了留住有公平关切的一方用户，而加大对没有公平关切一方的价值。其目的是增加无公平关切的一侧用户数量，形成规模效应，来吸引有公平关切的一侧用户留在平台上^{[42]~[43]}。然而，当没有公平关切的用户加入时，平台并没有采取措施来维持用户留存。最终，这将加速其他有公平关切的一方用户价值的下降。平台总是青睐那些对自己最有利的用户。当货主（车主）的进入价值大于车主（货主）的进入价值时，跨网外部性带来的更高效用会鼓励更多的车主（货主）入驻平台。为了充分利用跨网外部性强度，进一步扩大用户规模，平台必须为拥有更大进入价值、带来更多收益的一方用户降低价格。

3.3 公平关切对平台决策的机理分析

3.3.1 公平关切对定价和匹配的影响

定理 3.2 给出了情形 R 下的平台最优决策。作为用户行为的一个重要属性，用户的公平关切水平如何影响平台的决策，使我们能够理解平台的运行机制，如定价和匹配。命题 3.2 和命题 3.3 有效地回答了这个问题。

命题 3.2 货主公平关切水平对平台定价和匹配率的影响如下： $\frac{\partial p_{b1}^{R^*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial p_{b2}^{R^*}}{\partial \lambda} < 0$ ， $\frac{\partial p_{s1}^{R^*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial p_{s2}^{R^*}}{\partial \lambda} > 0$ 以及 $\frac{\partial \rho_1^{R^*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial \rho_2^{R^*}}{\partial \lambda} < 0$ 。

命题 3.2 表明，随着公平关切程度的提高，平台降低了对有公平关切的一方用户的价格，提高了对没有公平关切的另一方用户的价格。这个有趣结论背后的逻辑是用户对平台定价是否有公平的反应。一旦有公平关切的货主察觉到两个平台之间存在价格差距，他们比没有公平关切的车主更有可能离开当前的平台。为了留住货主，平台必须通过降低价格来提高其预期效用。同时，为了维持总利润，平台往往会提高不具有公平关切的车主的价格。因此，在情形 R 下，用户对价格

¹在这种情形下，车主的进入价值为 $\frac{1}{1+2\lambda} \alpha_b - f$ ，货主的进入价值为 $\alpha_s - \frac{1}{1+2\lambda} t$ 。事实上，情形 N 中的用户进入价值是情形 R 的特例，即对货主不存在公平关切（ $\lambda = 0$ ）。

公平性关注的差异促使平台采取倾斜定价策略。也就是说，平台对关注公平性的用户实施低价策略，对不关注公平性的用户提高佣金或会员费。

对于平台的匹配率，用户的公平关切影响平台匹配的路径为：用户的公平关切→平台定价→用户规模→平台匹配。在实践中，双边用户的平台定价一般大于零（ $p_{bi} > 0, p_{si} > 0$ ），在这种情况下，由于公平关切导致的 p_{bi} 减小一个单位所带来的 n_{bi} 数量的变化大于 p_{si} 增加一个单位所带来的 n_{bi} 数量的变化。换句话说，一方用户的价格的变化对自身规模的影响要大于另一方价格变化对他的规模的影响，即一方用户单位价格的变化对自身规模数量上的影响程度要更大（见附录 1 中的证明）。然后我们集中研究了一方用户的价格波动是如何影响其自身的用户规模的。从命题 3.2 来看，用户的公平关切导致平台定价向双边用户倾斜（车主的价格更高，货主的价格更低）。在定理 3.2 中，我们可以推导出结论 $\frac{\partial n_{bi}}{\partial p_{bi}} < \frac{\partial n_{si}}{\partial p_{si}} < 0$ （见附录证明）。随着货主公平关切的增加， p_{bi} 减小， p_{si} 增大。根据用户规模与价格的负相关关系可知， n_{bi} 增大， n_{si} 减小。最后，随着公平关切程度的增加，双边用户规模之间的差距继续增大。一般来说，对于大多数双边市场，匹配效率与每组用户数量之间存在稳定且不断增加的关系^[62]。例如，在劳动力市场中，就业创造取决于失业工人数量和职位空缺之间的平衡^[115]。在上述分析中，双边用户之间差距的增加降低了平台匹配的可获得性。这就导致了双边用户之间的需求失衡，最终降低了平台的匹配率。

可以看出，在竞争环境下，双边平台总是更加关注有公平关切的用户，对他们采取价格补偿策略，而对没有公平关切的另一方收取昂贵的佣金或会员费。近年来，这种现象层出不穷。不过，对双边用户的不公平待遇也不是免费的。这最终会导致平台匹配效率的降低。

3.3.2 公平关切对平台利润的影响

命题 3.3 货主公平关切水平对平台利润的影响如下：当 $-\frac{\beta^2(1+\lambda)}{c(1+2\lambda)} < \alpha_b - t < -\frac{\beta^2}{4ch_2} + \alpha_b$ ，则 $\frac{\partial \pi_1^R}{\partial \lambda} = \frac{\partial \pi_2^R}{\partial \lambda} > 0$ ；当 $\alpha_b - t \leq -\frac{\beta^2(1+\lambda)}{c(1+2\lambda)}$ ，那么 $\frac{\partial \pi_1^R}{\partial \lambda} = \frac{\partial \pi_2^R}{\partial \lambda} < 0$ 。

相比于平台定价和匹配率，用户公平关切对平台利润的影响更为复杂。命题 3.3 表明，当货主单位剩余 $\alpha_b - t$ 相对较大时；也就是说，他们的跨网络效应较

大,但进入成本较低,平台利润与货主的公平关切程度正相关。当货主单位剩余低于某一阈值时,平台利润与货主公平关切水平呈负相关。根据命题 3.3,平台利润主要取决于有公平关切的用户的单位剩余。这无可厚非。当 $\alpha_b - t$ 更大时,货主的网络效应更大,进入成本更低,因此更倾向于加入平台。通过跨网络外部性的溢出效应,更多的车主被货主数量增加所吸引。随着用户公平关切程度的提高,虽然平台对货主的定价降低,但加入更多的双边用户增加了平台的总利润。当 $\alpha_b - t$ 低于某一阈值时,货主的进入成本会增加,从而导致加入平台的用户减少。随着用户公平关切程度的提高,平台对货主的定价将进一步降低。因此,双边用户的数量和平台对货主的定价都不再像货主对公平关切相对较弱的情况下那么大。因此,货主的公平关切水平越高,平台的利润就越低。

我们还对公平关切影响整个运营体系的机制进行了阐述。从命题 3.2 和命题 3.3 来看,当有公平关切的货主单位剩余更大时,他们更倾向于在平台上。随着货主对公平关切的增加,平台将对货主降低定价,对无公平关切的车主提高定价。从而,更多的货主会被鼓励加入平台。有了跨网外部性,更多的车主会被平台另一侧用户数量的增加所吸引。也就是说,降低用户一侧的价格会导致这一侧的需求增加,从而导致另一侧的需求也会增加^[46]。以此同时,公平关切也会导致平台匹配率的下降。从式(3-5)中平台的利润函数可以观察到,车主的价格与平台利润的提高只有一个影响因素。而货主的价格、双方用户数量、平台的匹配率都有利于平台的利润提升。因此,随着货主对公平关切的增加,平台的利润也随之增加。

但是,当具有公平关切的货主的单位剩余低于某一阈值时,他们更倾向于离开平台。虽然平台可以为货主降低价格,但较高的进入成本使得吸引的货主数量不再像最初那么多。相应的,即使有跨网外部性的影响,对方的车主数量也会减少。这样一来,货主定价和双边用户数量都减少了,平台利润的不利因素也从 1 个增加到 3 个,降低了平台的利润。因此,在平台的运营管理中,既要关注用户公平关切的水平,也要关注用户的单位剩余(跨网外部性和进入成本的协同效应)。要提升平台运营的有效性,两者都必须兼顾。上述影响机制如图 3-2 所示。

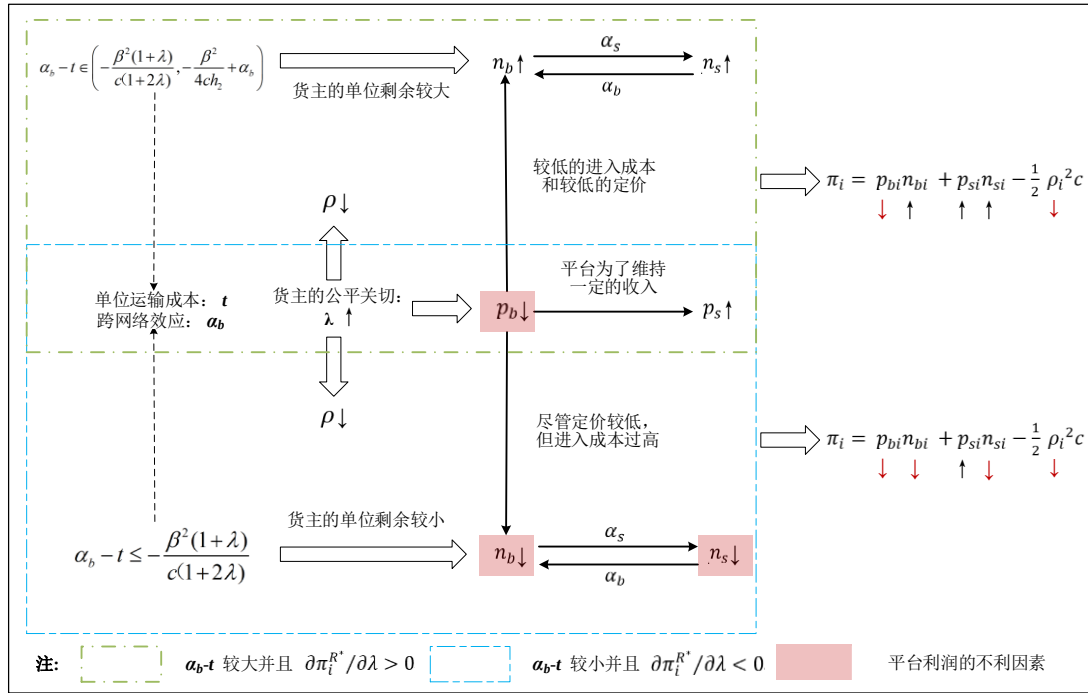


图 3-2 R 情形下公平关切对平台利润的影响机制

3.4 比较分析

3.4.1 平台定价的比较

在本节中，我们基于公平关切和平台用户的维度，对比了四种情形下 $(\{N, R, S, T\})$ 之间的差异。命题 3.4-3.6 展示了用户的公平关切如何影响平台决策。

命题 3.4 四种博弈情形 $(\{N, R, S, T\})$ 下的平台最优定价如表 3-4 所示。进一步，平台可以利用用户因公平关切而产生的“不患寡而患不均”的心理行为，实施相应的定价策略。

表 3-4 4 种情形下的最优平台定价策略

平台定价	条件	结论
p_b^*	$0 \leq \lambda < \frac{\theta \alpha_s}{t+2\theta(t-\alpha_s)}$	$p_b^{R^*} \leq p_b^{N^*} < p_b^{T^*} \leq p_b^{S^*}$
	$\frac{\theta \alpha_s}{t+2\theta(t-\alpha_s)} \leq \lambda \leq 1$	$p_b^{R^*} \leq p_b^{T^*} \leq p_b^{N^*} \leq p_b^{S^*}$
p_s^*	$0 \leq \theta < \frac{\lambda \alpha_b}{t+2\lambda(f-\alpha_b)}$	$p_s^{S^*} \leq p_s^{N^*} < p_s^{T^*} \leq p_s^{R^*}$
	$\frac{\lambda \alpha_b}{t+2\lambda(f-\alpha_b)} \leq \theta \leq 1$	$p_s^{S^*} \leq p_s^{T^*} \leq p_s^{N^*} \leq p_s^{R^*}$

注：因为平台 1 和平台 2 之间所有相同的决策变量都是相等的，所以我们使用不带下标的形式“平台 (i)”来表示我们的最优决策变量。

表 3-4 表明，当双方用户中只有一方追求公平关切（情形 R 或情形 S）时，

平台对有公平关切的一方收取的价格最低,对有公平中性的另一方收取的价格最高。与没有公平关切的一方用户相比,有公平关切的另一方用户更有可能离开平台。因此,平台必须降低价格,以避免客户规模的损失^[28]。然而,当双方用户均持有公平中性或公平关切(情形 N 或情形 T) 时,平台对用户的定价介于 R 和 S 两种情形之间,且最优定价取决于用户的公平关切水平(λ 和 θ)。当双边用户的公平关切较低时,双方都有公平关切的用户(情形 T)的平台定价高于双方都不关注公平关切的用户(情形 N)的平台定价(即 $p_b^{N*} < p_b^{T*}$ 或 $p_s^{N*} < p_s^{T*}$)。反之亦然,情形 T 中双边用户的平台定价低于情形 N ($p_b^{N*} > p_b^{T*}$ 或 $p_s^{N*} > p_s^{T*}$)。

更进一步说,平台对双边用户的定价是对“不患寡而患不均”这一观点的一种有价值的诠释。在 R 和 S 两种情况下,平台总是对有公平关切的一方降低价格,而对没有公平关切的另一方提高价格。也就是说,如果关注公平的一方在平台的定价策略中占据主导地位,那么就很容易获得 $p_b^{R*} \leq p_b^{S*}$ 和 $p_s^{S*} \leq p_s^{R*}$ 。与情形 R 和 S 相比,有公平关切和没有公平关切的双边用户(情形 T 和 N)的平台定价介于情形 R 和 S 之间。我们从平台对货主定价的角度进行分析(从车主的角度来看,过程是一样的)。至于情形 N 双方的用户都不抱有公平关切,我们可以得出结论,货主在 R 情形下支付的价格最低,而在 S 情形下支付的价格最高: $p_b^{R*} \leq p_b^{N*} \leq p_b^{S*}$ 。究其原因,平台不得不采取价格倾斜策略,以留住有公平关切的用户,同时维持一定的利润水平。

无论如何,我们感到困惑的是,当双方用户都有公平关切时,为什么货主的平台定价介于情形 R 和 S 之间: $p_b^{R*} \leq p_b^{T*} \leq p_b^{S*}$ 。让我们分析从情景 R 到情景 T 平台定价策略的变化。在情景 R 下,平台降低了 p_b^{R*} 并增加 p_b^{S*} 。随着时间的推移,一旦车主有了公平的感知,平台就无法继续将货主的价格降低到与情形 R 相同的程度。显然,情形 T 的价格倾斜策略不再适用。在这种情况下,平台定价不仅考虑了双边用户公平关切的“寡”(即多少的问题),还考虑了其相对大小。实际上,平台的定价决策是捕捉和利用了用户“不患寡而患不均”的心理行为。在本研究中,“寡”的体现有两层含义:一方用户相对于另一方用户是否有公平关切以及自身公平关切的大小,而“不均”指的是双边用户之间公平关切的相对大小。在情形 T 中,由于车主也有公平关切,货主的公平关切对平台决策的影响不如情形 R 中那么强。总之,只有一方用户的公平性考虑所带来的“寡”不再是平台定价的决定因素。相反,双方用户的公平关切所带来的“不均”为平台利用用户的

心理行为提供了很好的机会，平台赋予了自己更高的定价权力^[75]。尽管如此，只要平台定价低于其他竞争者，仍可吸引货主入驻平台，并在情景 T 中提高价格。因此，我们可以推断出： $p_b^{R*} \leq p_b^{T*} \leq p_b^{S*}$ 。

综上所述，“不患寡而患不均”实际上反映了平台对双方用户心理行为的捕捉和有效利用，并实施了相应的定价策略。有很强的理论基础进一步支持我们对“不患寡而患不均”的用户公平关切行为的理解。在参考依赖理论（Reference-Dependence Theory）中，人们通常很少关注当前环境，而对自己当前情况与过去参考水平之间的差异更为敏感^[116]。与周围参考水平的相对相似性会显著影响个体的效用^{[117]~[118]}。类似地，对公平性的关注也使用户更倾向于关注平台定价差异的“不均”，而非其所有者价格的“寡”。正是用户对公平性的追求，使平台从中捕捉到了用户的心理行为，从而为平台制定最优定价策略创造了合适的机会。

3.4.2 平台利润的比较

命题 3.5 四种博弈情形（ $\{N, R, S, T\}$ ）下的最优平台利润如表 3-5 所示。

表 3-5 4 种情形下的最优平台利润

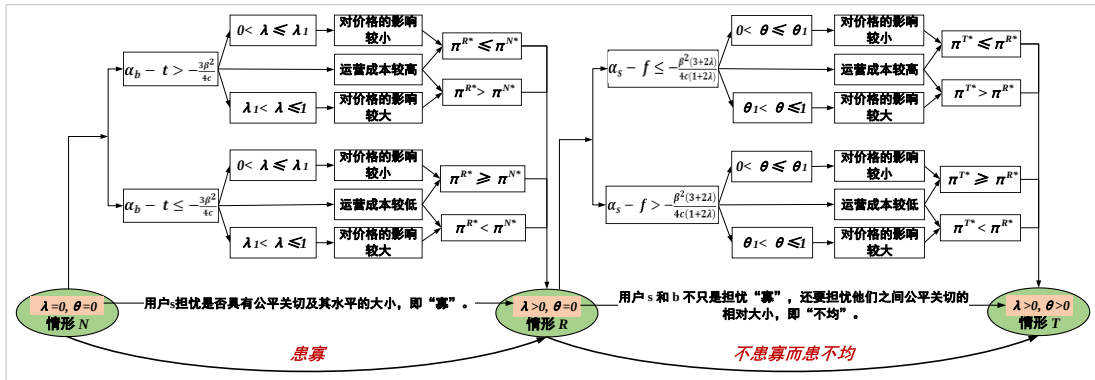
平台利润	条件		结论
π^{N*}, π^{R*}	$\alpha_b - t > -\frac{3\beta^2}{4c}$	$0 < \lambda \leq \lambda_1$	$\pi^{R*} \leq \pi^{N*}$
		$\lambda_1 < \lambda \leq 1$	$\pi^{R*} > \pi^{N*}$
	$\alpha_b - t \leq -\frac{3\beta^2}{4c}$	$0 < \lambda \leq \lambda_1$	$\pi^{R*} \geq \pi^{N*}$
		$\lambda_1 < \lambda \leq 1$	$\pi^{R*} < \pi^{N*}$
π^{R*}, π^{T*}	$\alpha_s - f > -\frac{\beta^2(3+2\lambda)}{4c(1+2\lambda)}$	$0 < \theta \leq \theta_1$	$\pi^{T*} \leq \pi^{R*}$
		$\theta_1 < \theta \leq 1$	$\pi^{T*} > \pi^{R*}$
	$\alpha_s - f \leq -\frac{\beta^2(3+2\lambda)}{4c(1+2\lambda)}$	$0 < \theta \leq \theta_1$	$\pi^{T*} \geq \pi^{R*}$
		$\theta_1 < \theta \leq 1$	$\pi^{T*} < \pi^{R*}$

注： $\lambda_1 = \frac{-2\beta^2 - 2c(\alpha_b - t)}{3\beta^2 + 4c(\alpha_b - t)}$, $\theta_1 = \frac{-2\beta^2(1+\lambda) - 2c(1+2\lambda)(\alpha_s - f)}{\beta^2(3+2\lambda) + 4c(1+2\lambda)(\alpha_s - f)}$ 。

从情景 N 到情景 R ，表 3-5 的前四行表明，平台利润的相对大小取决于单位剩余 $\alpha_b - t$ 和货主公平关切水平 λ 。具体来说，当单位剩余大于某一阈值时，当货主的公平关切程度较小时（即 $\pi^{R*} \leq \pi^{N*}$ ），情形 N 下平台的利润大于情形 R 。当货主公平关切程度较大时， $\pi^{R*} > \pi^{N*}$ 。反之，当单位盈余低于某一临界值时， N 情形和 R 情形的平台利润规模相反。从情形 N 到情形 R ，只有一方用户的公平关切对平台利润起主导作用。相对于没有公平关切的另一方用户相比，只要一方用户有公平关切，平台就会实施价格倾斜策略。如图 3-3 所示，平台无法利用双

边用户“不均”的心理，因为在情形 N 到情形 R 中，只有一方用户有公平关切。因此，这些平台只关注用户是否有公平问题的“寡”及其规模。在从情景 R 到情景 T 的过程中，平台利润的大小取决于单位剩余 $\alpha_s - f$ 和车主公平关切程度 θ ，并且结论与情景 N 到情景 R 的情况相似。在这个过程中，平台利润受到车主公平关切程度的显著影响。换句话说，平台对货主公平关切程度的“寡”不再感兴趣，而是更加关注双边用户的“不均”，即货主与车主之间公平关切的相对大小。通过捕捉和利用双边用户的“不均”心理行为，平台将执行自己的最优定价策略，并获得相应的利润。

接下来，我们在图 3-3 中更深入地解释了平台利润的变化模式。当只有货主追求公平关切时（即 $\lambda > 0, \theta = 0$ 时），货主虽然担心公平的“寡”，但程度相对较小（ $0 < \lambda \leq \lambda_1$ ）。也就是说，寡对用户价格的影响较小。然而，单位剩余越大（即 $\alpha_b - t > -\frac{3\beta^2}{4c}$ ）将支付更大的运营费用^[76]。因此，情形 R 中的平台利润低于情形 N 中的平台利润。当这种“寡”对用户价格的影响更大时（ $\lambda_1 < \lambda \leq 1$ ），同时，平台为用户提供了更大的剩余价值，这将增加双边用户进入的数量。当用户的效用超过运营成本时，平台利润就会增加。然而，当双方用户都追求公平关切时（即 $\lambda > 0, \theta > 0$ ），平台担心的是“不均”。则需要权衡双方的公平关切大小，进一步采取适当的定价策略。同样，情形 R 下平台利润的变化规律与之前的分析一致，如图 3-3 所示。基于上述分析，平台利润的变化机制是利用双边用户“不患寡而患不均”心理行为的定价决策驱动的。


 图 3-3 平台利润演化过程（ $N \rightarrow R \rightarrow T$ ）

3.4.3 平台匹配率的比较

命题 3.6 四种博弈情形（ $\{N, R, S, T\}$ ）下平台的最优匹配率为： $\theta > \lambda$ 时，

$\rho^T \leq \rho^S < \rho^R \leq \rho^N$ ；否则 $\rho^T \leq \rho^R \leq \rho^S \leq \rho^N$ 。

由命题 3.6 可知,平台在情形 R 或 S 下的匹配率处于情形 T 和 N 的中间位置。在命题 3.2 中,我们知道当只有一边用户追求公平关切(情形 R 或 S)时,平台的匹配率随着公平关切程度的增加而降低,因此我们很容易得到 $\rho^R \leq \rho^N$ 和 $\rho^S < \rho^N$ 。当双边用户都有公平关切时,平台的匹配率最低:即 $\rho^T \leq \rho^R$ 和 $\rho^T < \rho^S$ 。综上所述,以上分析说明了用户的公平关切会损害平台的匹配率。此外,在 R 或 S 情形中,平台的匹配率的大小取决于谁的公平关切水平的大小:当一方对公平的关注意程度越高,平台的匹配率就越小。根据命题 3.2,公平关切会导致双边用户的平台定价发生变化,进而影响用户规模之间的差距,最终降低平台的匹配率。同样的原理也适用于这里;用户的公平性关注度越高,定价的影响就越大,最终导致用户规模差距更大,匹配率更低。

3.5 数值分析

在本节中,使用 Matlab R2018a 进行数值分析,以进一步可视化公平关切对平台定价,匹配和利润的影响。我们使用了之前研究中的参数^{[25][75][76]}作为参考,所有图的参数范围列于表 3-6。

表 3-6 仿真参数

参数	图 3-4	图 3-5	图 3-6	图 3-7	图 3-8
λ	[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]
θ	—	[0,1]	0.5	[0,1]	—
α_b	0.5	0.5	—	0.5,0.85	0.5,0.85
α_s	0.2	0.2	—	0.5,0.75	0.5
t	0.8	0.8	—	0.8	0.8
f	0.8	0.8	—	0.8	0.8
c	—	—	1	0.7,1	1
β	—	—	0.4	0.4	0.4

3.5.1 平台定价的分析

在 R 和 N 两种情形下,公平关切对平台定价的影响如图 3-4 所示。图 3-4 表明,在情景 N 中,货主的进入价值低于车主的进入价值,因此平台对货主的定价(带菱形标记的实线)高于车主(带菱形标记的虚线)。在情形 R 中,随着公平关切程度 λ 的增加,平台会采取价格倾斜策略,即对货主的价格降低(虚线带圆标),对车主的价格升高(实线带圆标)。由于货主的进入价值增加而车主的进入价值同时减少,因此存在公平关切阈值($\lambda = \bar{\lambda}_1$)时,双边用户的进入价值

相等。当公平性关注增加到 $\bar{\lambda}_2$ ($\bar{\lambda}_3$)时, 情形 R 中平台对货主 (车主) 的定价等于情形 N 中平台对车主 (货主) 的定价。从更深层次去发掘, 这个阈值点是公平性关注和进入价值之间的一个杠杆, 两者是此消彼长关系。一旦公平关切出现并达到特定水平 (这里是 $\lambda = \bar{\lambda}_1$), 高进入价值用户带来的优势就会被公平关切所抵消。我们的结论是, 公平关切会增加具有公平关切的用户在平台和双边用户三者之间的谈判杠杆和议价能力。

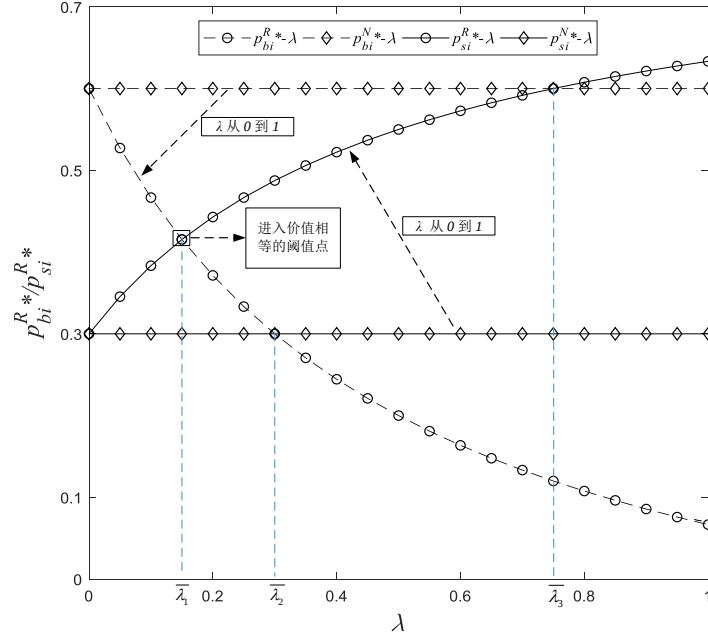


图 3-4 R 和 N 情形下 λ 对平台最优定价的影响

3.5.2 平台匹配率的分析

四种情景下的最优平台定价和匹配率如图 3-5 和图 3-6 所示。在图 3-5 中, 当取 $t = f, \alpha_b = \alpha_s$ 时, 我们可以观察到: 情形 S (R) 和情形 N 的最优定价是固定的, 因为它们不受 $\lambda(\theta)$ 的影响, 但情形 R (S) 和情形 T 随着货主 (车主) 公平关切的增加而降低。在这四种情形, 当只有一方用户有公平关切时, 此时平台的最优定价对于不担心公平关切的一方是最高的, 而对于担心公平关切的一方是最低的。双方有和没有的关切 (情形 T 和 N) 在只一方有公平关切的两个极端之间。此外, 情形 T 和 N 的最优定价幅度取决于公平关切的程度。其中, 当公平关切水平较低时 ($\lambda(\theta) \in [0, \lambda(\theta)]$), 情形 T 下双边用户的最优定价大于情形 N ; 相反当 ($\lambda(\theta) \in [\lambda(\theta), 1]$), 情形 T 小于情形 N , 说明由于一方片面追求公平关切, 双边用户的价格差距可能会增大。同时, 平台对有公平关切的双边用户

的定价并不一定低于对没有公平关切的用户的定价，而且公平关切的程度也起到了很重要的作用。

在图 3-6 中，我们比较了四种情形下平台最优匹配率的大小。我们注意到，平台的匹配率在情形 N 下最高，而情形 T 最低。情形 R 和 S 下匹配率的大小取决于对公平关切的程度。也就是说，公平关切程度越大，平台的匹配率越低。具体来说，当两种情形在 $\lambda = \theta$ 处交叉时，匹配率是相等的。显然，用户的公平关切恶化了双边平台的匹配率，无论是定性的（ R/S vs N ）还是定量的（ R/S vs T ）。

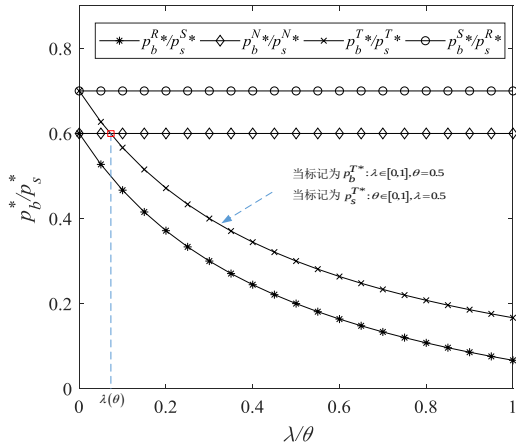


图 3-5 $\lambda(\theta)$ 对 p_{bi}^*/p_{st}^* 的影响

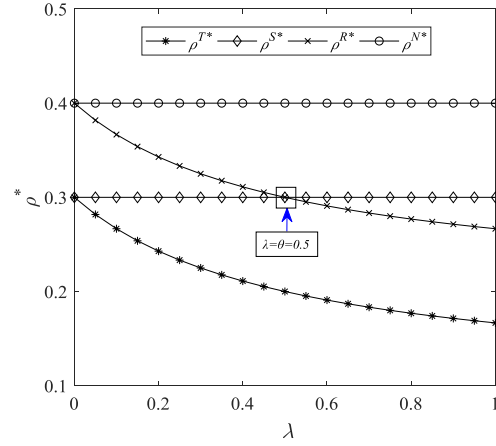


图 3-6 λ 对 $\rho^*(\theta = 0.5)$ 的影响

3.5.3 平台利润的分析

下图 3-7 展示了 π^N 、 π^R 和 π^T 之间的平台最优利润在单位剩余下 $\alpha_b - t > -\frac{3\beta^2}{4c}$ 和 $\alpha_s - f \leq -\frac{\beta^2(3+2\lambda)}{4c(1+2\lambda)}$ （表 3-5 中第 1、2、7 和 8 行结论）。相对较大的单位剩余意味着平台的最优利润随着公平关切的增加而增加。然而，当单位剩余较小时，平台利润会随着公平关切的增加而减少。我们发现，公平关切并不是决定平台利润趋势的唯一因素。有了更大的单位剩余，平台就有了吸引用户入驻平台的优势，其可以抵消微弱的公平关切所带来的劣势。从情形 N 到 R ，在较低的公平关切水平下，情形 R 的最优平台利润低于情形 N 。随着货主公平关切 λ 的增加，利润差（ $\pi^N - \pi^R$ ）在情形 R 和 N 之间逐渐降为零。随着货主公平关切的进一步增加（ $\lambda > \lambda_1$ ），情形 R 下的最优平台利润将高于情形 N 。同理，从情形 R 到情形 T ，随着车主公平关切 θ 的增加，利润差 $\pi^T - \pi^R$ 大于零，然后在 $\theta = \theta_1$ 时降为零，并逐渐增大。综上所述，平台的利润受到单位剩余和公平关切

两方面的影响，这两方面共同决定了平台的利润趋势。

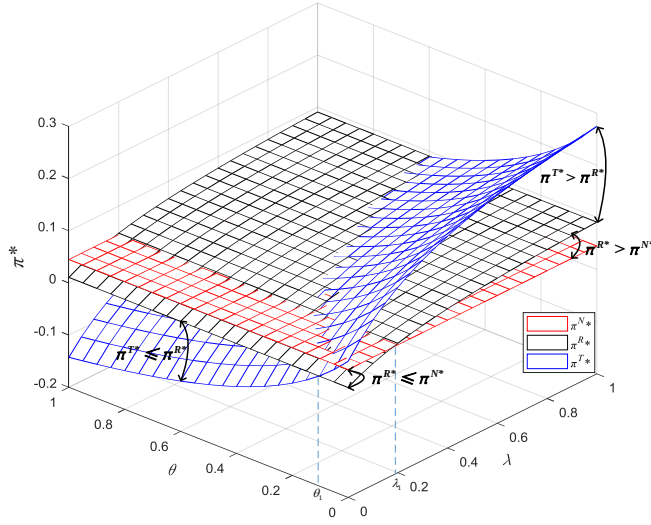


图 3-7 π^{N*} , π^{R*} , 和 π^{T*} 之间的关系

3.6 模型扩展

在本节中，我们将研究扩展到以下几个方面：（1）现实中，有些用户不仅注册了一个平台，还同时加入了几个平台。不失一般性，我们以竞争瓶颈（货主趋向于单归属、车主趋向于多归属）为例，考察了公平关切对平台决策中的作用。

（2）我们还考虑了不同平台中车主和货主公平关切的异质性。这些扩展证实了一些关键发现仍然具有一定的稳健性。

3.6.1 竞争瓶颈情形

在某些实际情况下，货主通常采用单平台交易，而车主可能希望进行多平台交易（多归属）。该模型与前面讨论的模型之间的一个关键区别是，车主群体不会做出“非此即彼”的决定来加入平台^[7]。在本节中，我们考虑了竞争瓶颈情形。我们采用情形 R 用于检查这些机制。附录 2 提供了更精确的均衡结果。通过进一步分析竞争瓶颈情形，我们得出了命题 3.7。

命题 3.7 货主的公平关切对平台定价和匹配率的影响如下：当 $\frac{\alpha_b \alpha_s}{f} < t < \frac{\alpha_s [(3cf - \beta^2)\alpha_b + f\beta^2]}{2f(2cf - \beta^2)}$ 时，则 $\frac{\partial p_{b1}^{R*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial p_{b2}^{R*}}{\partial \lambda} > 0$ ；当 $t \geq \frac{\alpha_s [(3cf - \beta^2)\alpha_b + f\beta^2]}{2f(2cf - \beta^2)}$ ，则 $\frac{\partial p_{b1}^{R*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial p_{b2}^{R*}}{\partial \lambda} < 0$ ；当 $\frac{\beta^2}{2f} < c < \frac{\beta^2(f + \alpha_b)}{f\alpha_b}$ ，则 $\frac{\partial p_{s1}^{R*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial p_{s2}^{R*}}{\partial \lambda} < 0$ ；当 $c \geq \frac{\beta^2(f + \alpha_b)}{f\alpha_b}$ ，则

$$\frac{\partial p_{s1}^{R*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial p_{s2}^{R*}}{\partial \lambda} > 0, \quad \frac{\partial \rho_1^{R*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial \rho_2^{R*}}{\partial \lambda} < 0。^2$$

根据命题 3.7，我们可以得出，在一定阈值内，平台对货主的定价与货主自身的公平关切正相关，而车主的定价与货主的公平关切负相关（图 3-8 中的黑线）。匹配率与公平关切仍呈负相关（图 3-8 中红线）。与单归属情况相比，公平关注水平对平台定价和匹配的影响在一定阈值内仍保持一定的稳健性。此外，平台利润同时由单位剩余和用户的公平关切决定（图 3-8 中的蓝线）。当单位剩余较低时，平台利润同样受到公平关切的影响，与单归属情况类似。当单位剩余较高时，利润最初随着公平关切而增加，但在公平关切达到一定程度后，单位剩余的强度减弱。因此，尽管存在竞争瓶颈，但我们的结果仍然保持了一定的稳健性。

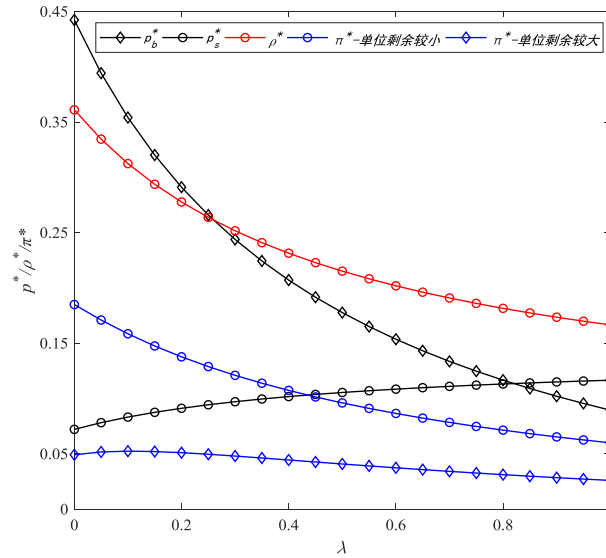


图 3-8 竞争瓶颈 R 情形下 λ 对决策变量的影响

3.6.2 公平关切的异质性

在本节中，我们检查了不同平台的用户对公平关切的异质性。附录 2 给出了均衡结果。不失一般性，我们使用情形 R 来验证用户的公平关切对平台决策的影响。当公平性关切系数不同 ($\lambda_1 \neq \lambda_2$) 时，我们的结论的稳健性最终得到了证实。平台继续倾斜定价，即在有公平关切的一侧降低定价，在没有公平关切的一

²注： $2cf - \beta^2 > 0$ 。在现实中，平台的匹配率总是大于或等于 0，对于分数方程有效，我们取大于 0。

侧提高定价。平台的匹配率与公平关切系数 (λ_1/λ_2) 保持负相关, 对于不同的单位剩余区间, 平台利润随公平关切呈现出不同的趋势。因此, 用户公平关切的异质性仅在数量上影响平台的最优决策, 而没有从质的角度改变上述结论。因此, 尽管 $\lambda_1 \neq \lambda_2$, 命题 3.1-3.6 仍然成立 (即公平关切的影响机制仍然稳健)。

3.7 本章小结

由于信息技术的快速发展, 平台经济变得越来越普遍。与传统的线下经济不同, 线上货运平台在双边市场的运营管理中占据主导地位。然而, 作为影响顾客购买决策的心理行为因素^[25], 在平台的定价策略中很少考虑用户的公平性问题。本研究基于公平关切和双边用户的维度, 将用户的公平关切纳入到双边市场中, 构建了基于 Hotelling 的定价决策模型, 分析了公平关切对平台定价、匹配率和利润的影响机制。3.7.1 节总结了主要结论, 3.7.2 节给出了详细的管理启示。

3.7.1 主要结论

首先, 将“进入价值”定义为与“价格成本利润率”类似的概念, 以表示“一方用户进入平台给双方用户带来的直接价值”。研究结果表明, 双边用户的平台定价是由其进入价值的相对大小决定的。平台总是为具有较高进入价值的一方用户设定较低的价格。

第二, 当只有一方用户追求公平关切时, 存在对双边用户的倾斜定价现象。平台总是对没有公平关切的一方提高其价格, 而在有公平关切的一方降低其价格。此外, 由于公平关切而导致的倾斜定价会拉大双边用户规模的差距, 降低平台的匹配效率。此外, 用户对公平性的担忧总是会削弱平台的匹配能力, 在情景 T 下对平台的影响最大。

第三, 平台的利润不仅受到用户公平关切的影响, 还会受到其单位剩余的影响。当用户单位剩余较高时, 平台利润的增加与公平关切水平的上升是一致的; 而当用户单位剩余较低时, 平台利润则随着公平关切的上升而下降。

最后, 通过对比四种决策模型, 我们发现, 平台的定价策略源于对用户“不患寡而患不均”的心理行为所驱动的。在从无公平关切 (情形 N) 到只有一方用户有公平关切 (情形 R 或 S) 再到双方用户都有公平关切 (情形 T) 的过程中, 平台可以有效捕捉并充分利用用户的心理行为, 获得更高的定价权和最大化利益。

3.7.2 管理启示

首先，物流平台应了解进入平台的不同用户给双边用户带来的价值差异。在此基础上，平台可以给予进入价值较高的用户更多的关注。例如，平台可以适当降低用户价格，提供一定程度的增值服务等。进而吸引更多用户，最终为平台带来更多利益。

第二，因为用户的公平关切会削弱平台的匹配能力，所以平台有必要提高服务质量标准，缩小价差。通过强化这些因素，平台缓解了公平关切对匹配效率的负面影响。

第三，鉴于公平关切和用户单位剩余对平台利润的共同影响。平台管理者不仅要关注用户公平关切的程度，还要在价值与成本之间进行权衡。对他们来说，最好是加大广告投放力度，提高品牌效应，以降低进入成本，增加跨网络效用，最终提高平台利润。

最后，最关键的一点是，双边用户同时存在公平关切，导致其表现出“不患寡而患不均”的心理行为。平台管理者可以充分利用公平关切的心理机制，提高自己在定价时的议价能力决策。最终，平台在双边市场中发挥主导作用。

第4章 信息不对称下用户公平关切的网络货运平台定价策略研究

本章在第三章的基础上增加信息不对称的研究角度，旨在探讨信息的价值在双边市场的角色定位。信息不对称已经对市场的交易形成了重要的影响。很明显，决策主体在决策过程中往往会受到误报行为、公平关切因素等心理因素的影响，这些信息是决策主体的私有信息。因此探讨信息不对称对于决策者的管理能够产生新的思路。先前的文献主要探讨了各种信息不对称的影响机制，他们大多数致力于供应链的研究。区别于他们的研究，我们发现双边市场下，信息价值对平台和用户之间的委托代理关系存在新的见解。我们将信息不对称的价值引入到双边市场的定价决策当中。我们假设平台致力于其质量努力的策略是一个私有的信息，关于其质量努力的成本信息是具有不对称性的，这是用户不知道的。对用户来说，公平关切是普遍存在的，他们关于公平关切也是其私有的信息。

因此，我们的目的是研究质量努力的成本和公平关切的信息不对称对双边市场中参与者的最优决策和质量努力以及利润（或效用）的影响。此外，本章通过比较两种信息不对称情景下的纳什均衡，进而探讨了信息不对称对双边市场参与者的价值。受到这些因素的激励分析，我们感兴趣的是回答以下三个研究问题：

- （1）在不同的误报行为下，平台的最优决策是什么？
- （2）两种误报行为对平台最优决策的影响机制是什么？
- （3）平台的 QECM 和用户的 FCM 如何影响双边市场参与者的策略行为？

对每个参与者而言，哪种信息博弈模型最有利？

4.1 问题描述与相关假设

本章考虑了两个具有间接网络效应的竞争性双边平台（以下简称平台） i （ $i=1,2$ ）。市场的一方加入进来，提供适当的产品和内容，为平台增值，另一方加入进来，消费产品。为简化描述以及建立更普遍的适用性，我们将网络货运平台拓展到一般的双边市场当中，我们将前者称为产品供应商（即卖方 s ），后

者称为产品消费者（即买方 b ）。与之前的研究^{[7][108]}类似，我们假定双边用户选择独立加入单个平台（即单归属）。模型的运行框架如图 4-1 所示。

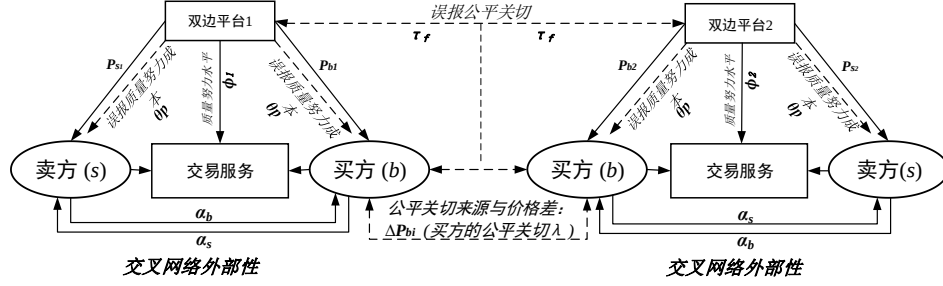


图 4-1 信息不对称情形下双边平台运营框架图

4.2 模型构建与均衡分析

平台作为中介，为双边用户提供信息和交易服务，并决定其质量努力水平。平台 i 向卖方和买方分别收取固定的会员费 p_{si} 和 p_{bi} 。相应地，双边用户以 n_{bi} 和 n_{si} 的规模加入平台。我们假设 α_b (α_s) 代表双边用户的跨网络外部性强度^{[7][106]}。在双边市场中，跨网络外部性反映了一方用户进入平台给另一方用户带来的效用^{[7][36][41]}，可以解释为一方用户从另一方获得的效用。具体来说， α_b (α_s) 表示买方（卖方）从加入平台的卖方（买方）处获得的效用。在双边市场中，用户数量越多，每个用户获得的效用就越高，网络中每个成员的价值也就越高^[110]。因此，在我们的模型中，我们使用 $\alpha_{bi} n_{si}$ 和 $\alpha_{si} n_{bi}$ 来表示跨网络外部性带来的效用。它主要表示为双边用户从平台中获得的网络价值^{[119]~[120]}。

在“Hotelling”博弈模型中，我们假设两个相互竞争的平台位于 $[0, 1]$ 中一个线性城市的端点，双边用户访问平台的单位运输成本为 $t(f)$ 。双边用户距离平台 i 的距离为 $m_i(l_i)$ ，该距离表示为双边用户的无差别点位置，它们在 $[0, 1]$ 处服从均匀分布^{[7][46]}。从买方和卖方的角度来看，他们通过作为中介的平台进行商品和信息的服务交易。对于平台来说，它需要用自己的质量努力水平来保证交易质量。平台 i 的质量努力水平为 ϕ_i ， η 为其敏感系数^[26]。因此，平台 i 的双边用户能够获得 $\eta\phi_i$ 的质量保证效用，平台需要支付 $\frac{1}{2}c\phi_i^2$ 的质量努力成本。与之前的研究^{[26][121]}类似，我们采用二次成本函数 $C(\phi_i) = \frac{1}{2}c\phi_i^2$ 来表示为平台 i 的用户提供质量保证的成本。其中， c 表示平台为保证交易质量而支付的单位成本，相当于质量努力的边际成本。这可能包括员工工资、数据库维护费用以及信息技术的开发和应用等^[123]。事实上，这种质量努力成本函数反映了质量投资收益递减的本质^[124]。

实际上,平台质量努力具有凸成本性质,也具有现实意义。在较低的质量努力水平上,收益会随着质量努力水平的提高而增加,而在超过某一临界值后,则会呈现收益递减的趋势。

公平关切理论证实了这样一个事实,即个人或组织对价格和利润的公平性存在严重关切^{[11][28][71]}。双边平台也不例外^{[21]~[22]}。具体而言,双边用户通过比较不同平台收取的进入费差异来衡量对公平关切的感知。也就是说, Δp 用来表示不同平台向同侧用户收取的费用差异。不失一般性,我们只考虑一方用户的公平关切,即买方的价格差距 Δp_{bi} 。 λ ($0 \leq \lambda \leq 1$) 表示买方对公平关切的敏感系数,则买方产生这部分公平关切的效用为 $\lambda \Delta p_{bi}$ ^[25]。

信息不对称理论表明,由于市场的复杂性和信息传递的不对称性,企业或个人之间的信息传递具有不平等性。因此,这将导致信息传递的误差。在本文中,平台拥有关于质量努力成本的私人信息,而买方拥有关于公平关切的私人信息。因此,我们考虑了两种类型的信息不对称,一种是平台误报其质量努力的成本,另一种是买方向平台传递了不真实的公平偏好。具体来说, θ_p 和 τ_f 分别是平台和买方的误报因子。 $\theta_p = 0$ 表示平台如实报告其质量努力成本;否则,表示平台误报其成本,误报成本为 $c(1 + \theta_p)$; $\tau_f = 0$ 表示买方如实报告其公平偏好信息;否则,表示买方误报其公平偏好。相应地,误报的公平关切为 $(1 + \tau_f)\lambda$ ^{[26][96]}。

总之,本文探讨了竞争性双边市场中平台误报质量努力成本(QECM)和买方误报公平关切(FCM)。此外,本文还讨论了两种策略行为如何对平台的定价、质量努力水平和收入产生影响。本章所使用相关符号及说明如表 4-1。

表 4-1 相关符号及说明

符号	定义
i	平台 ($i = 1, 2$)
α_b (α_s)	买方(卖方)的交叉网络外部性
n_{bi} (n_{si})	平台 <i>i</i> 上买方(卖方)的数量
u_{bi} (u_{si})	平台 <i>i</i> 上买方(卖方)的效用
t (f)	买方(卖方)的单位运输成本
m_i (l_i)	买方(卖方)对于平台 <i>i</i> 的距离
λ	买方的公平关切水平
τ_f	买方的公平关切的误报因子
η	平台质量努力水平的敏感性系数
c	平台单位质量努力的成本
θ_p	平台的质量努力成本的误报因子
π_i	平台 <i>i</i> 的利润
p_{bi} (p_{si})	平台 <i>i</i> 对双边用户所收会员费
ϕ_i	平台 <i>i</i> 的质量努力水平

在本节中，我们构建了双边用户单归属的最优决策模型。为了揭示双边市场中偏好行为的自发性和策略性，我们从平台是否虚报质量努力成本和买方是否虚报公平关切两个维度建立了四种决策模型。如表 4-2 所示，我们将“平台没有 QECM+买方没有 FCM”称为“模型 B”；将“平台没有 QECM+买方没有 FCM”称为“模型 F”；将“平台 QECM+买方没有 FCM”称为“模型 C”；将“平台 QECM+买方 FCM”称为“模型 U”。

表 4-2 公平关切和质量努力成本信息不对称的模型组合

模型		FCM（买方）	
QECM（平台）	否	否	是
	是	<i>B</i>	<i>F</i>
		<i>C</i>	<i>U</i>

4.2.1 信息对称下的平台最优决策

为了获得与其他模型进行比较的基准，我们建立了一个基本模型，称为模型 B。在模型 B 中，双边市场中的所有信息都是对称的。换句话说，平台如实披露其质量努力成本，买方如实报告其公平关切信息。我们知道，双边用户的效用取决于访问平台的价格和质量努力水平，以及市场中的网络价值。反过来，平台的利润又由双边用户收取的费用和为保证质量水平而产生的费用决定。因此，在模型 B 中，双边用户和平台的效用或利润受到以下问题的影响。

假设市场上有两个相互竞争的双边平台，作为中介为双边用户提供信息交易服务，每个用户只能单独选择加入一个平台。为确保交易过程的有效性和质量，每个平台都将确定其质量努力水平 ϕ_i 。因此，平台会为其双边用户产生 $\eta\phi_i$ 的效用。同时，作为中介，平台会促使双边用户注册。反过来，双边用户的加入又会产生网络效应，即跨网络效应。换句话说，双边市场中买家的存在会鼓励更多卖家加入平台，反之亦然。因此，网络外部性会使买卖双方获得跨网络效用，即 $\alpha_b n_{si}$ 和 $\alpha_s n_{bi}$ 。为了便于分析而不影响本章的结果，我们又将双边用户的潜在市场规模归一为 1。因此， n_{bi}/n_{si} 也代表第 i 个平台的买家（或卖家）的访问率，并在 $[0, 1]$ 上服从均匀分布。根据“Hotelling”双寡头模型，平台 1 和平台 2 位于 $[0, 1]$ 线性城市的两端，买方用户分别距离它们 m 和 $1 - m$ 。因此，会产生 tm 和 $t(1 - m)$ 的运输成本。同样，卖方也要承担相应的运输成本 fl 和 $f(1 - l)$ 。同时，双边用户通过支付进入费加入平台，当不同平台收取的进入费不同时，他们会产

生公平的感知效用。我们使用 $\lambda(p_{b1} - p_{b2})$ 和 $\lambda(p_{b2} - p_{b1})$ 来描述买家对平台 1 和平台 2 公平性的担忧所产生的效用。总之，进入平台 i 的双边用户的效用函数可以抽象为以下内容：

$$u_{b1} = \eta\phi_1 + \alpha_b n_{s1} - \lambda(p_{b1} - p_{b2}) - p_{b1} - tm \quad (4-1)$$

$$u_{b2} = \eta\phi_2 + \alpha_b n_{s2} - \lambda(p_{b2} - p_{b1}) - p_{b2} - t(1 - m) \quad (4-2)$$

$$u_{s1} = \eta\phi_1 + \alpha_s n_{b1} - p_{s1} - fl \quad (4-3)$$

$$u_{s2} = \eta\phi_2 + \alpha_s n_{b2} - p_{s2} - f(1 - l) \quad (4-4)$$

对于平台而言，收入是通过双边用户的规模效应产生的，即 $p_{bi}n_{bi} + p_{si}n_{si}$ 。同时，平台需要承担一定的成本以保证其质量。因此，我们可以得到平台的利润函数。

$$\pi_i = p_{bi}n_{bi} + p_{si}n_{si} - \frac{1}{2}c\phi_i^2 \quad (4-5)$$

通过上述平台和用户的利润（或效用）函数，我们可以得到，当双边用户为单归属时，无差别点使得效用函数满足 $u_{b1} = u_{b2}$ ， $u_{s1} = u_{s2}$ 。同时，用户规模满足 $n_{b1} + n_{b2} = 1$ ， $n_{s1} + n_{s2} = 1$ 。通过最大化公式（4-5），我们可以得出利润函数关于定价和质量努力水平的一阶偏导数。根据逆向归纳法，我们得出定理 4.1 中平台最优定价和质量努力水平的纳什均衡（见附录 1 中的证明）。

定理 4.1 当质量努力成本和公平关切的信息都对称时，均衡结果如下：平台最优定价、质量努力水平和利润分别为 $p_{bi}^{B*} = \frac{t}{1+2\lambda} - \alpha_s$ ， $p_{si}^{B*} = f - \frac{\alpha_b}{1+2\lambda}$ ， $\phi_i^{B*} = \frac{\eta(1+\lambda)}{c(1+2\lambda)}$ ， $\pi_i^{B*} = \frac{c(1+2\lambda)[t-\alpha_b+(1+2\lambda)(f-\alpha_s)]-\eta^2(1+\lambda)^2}{2c(1+2\lambda)^2}$ 。

4.2.2 信息不对称下的平台最优决策

信息不对称是市场参与者之间的普遍现象，它严重影响着企业或个人的绩效，包括参与者的利润和定价决策等^{[28][125]}。根据以往的研究，信息不对称总是发生在供应链领域。而且他们总是集中在与成本和需求等相关的信息不对称上^{[27][126][127]}。然而，在双边市场领域，不对称信息几乎未被提及。在本节中，我们假设平台拥有关于质量努力成本的私人信息，而买方拥有关于公平关切的私人信息。此外，我们还将研究这两种不对称信息如何影响双边平台的最优决策和利润，以及误报信息影响双边市场最优决策的机制。

（1）平台具有 QECCM 的模型：模型 C

平台通过为买卖双方提供中介服务，促进买卖双方的信息交易。因此，平台需要为此提供质量保证。在实践中，由于信息不对称，双边用户很难意识到平台在质量保证方面的投入。他们只能通过正面报导来了解这些投资的成本信息。然而，平台可能会夸大其质量努力成本，以展示其竞争优势，从而诱导用户加入。在本小节中，平台拥有关于质量努力成本的私人信息，我们用 $c(1 + \theta_p)$ 表示平台披露的质量努力成本信息。因此，平台的利润函数表示为

$$\pi_i = p_{bi}n_{bi} + p_{si}n_{si} - \frac{1}{2}c(1 + \theta_p)\phi_i^2 \quad (4-6)$$

双边用户的效用函数与公式 (4-1) - (4-4) 相同，因为这些效用函数的其他结构不受影响。与定理 4.1 一致，通过逆向归纳法，我们可以得到定理 4.2 中的双边市场最优决策（见附录 1 的证明）。

定理 4.2 当公平关切信息对称、质量努力成本信息不对称时，均衡结果如下：平台最优定价、质量努力水平和利润分别为 $p_{bi}^{C*} = \frac{t}{1+2\lambda} - \alpha_s$ ， $p_{si}^{C*} = f - \frac{\alpha_b}{1+2\lambda}$ ， $\phi_i^{C*} = \frac{\eta(1+\lambda)}{c(1+2\lambda)(1+\theta_p)}$ 以及 $\pi_i^{C*} = \frac{(1+2\lambda)(f-\alpha_s)+t-\alpha_b-\frac{\eta^2(1+\lambda)^2}{c(1+2\lambda)(1+\theta_p)}}{2(1+2\lambda)}$ 。

(2) 买方 FCM 的模型：模型 F

供应链领域的研究证实，市场中普遍存在用户对公平性的担忧。无独有偶，双边市场也存在这种现象。然而，在市场互动过程中，信息传播具有不确定性。在本节中，我们认为买方有公平关切，而且他的公平关切是私人信息。我们用 $(1 + \tau_f)\lambda$ 来表示双边市场中买方传递的公平关切信息。总之，在信息不对称且存在公平关切的情况下，加入平台 i 的买方的效用函数如下：

$$u_{b1} = \eta\phi_1 + \alpha_b n_{s1} - (1 + \tau_f)\lambda(p_{b1} - p_{b2}) - p_{b1} - tm \quad (4-7)$$

$$u_{b2} = \eta\phi_2 + \alpha_b n_{s2} - (1 + \tau_f)\lambda(p_{b2} - p_{b1}) - p_{b2} - t(1 - m) \quad (4-8)$$

在这里，公平关切的误报因素并不直接影响平台或卖家，因此我们仍然可以推导出卖家（或平台）加入平台 i 的效用（利润）函数公式是 (4-3)、(4-4) 和 (4-5)。定理 4.3 即为结论（见附录 1 的证明）。

定理 4.3 当关于质量努力成本的信息是对称的，而对公平关切信息是不对称时，均衡结果如下：平台最优定价、质量努力水平和利润为 $p_{bi}^{F*} = \frac{t}{1+2\lambda(1+\tau_f)} - \alpha_s$ ，

$$p_{si}^{F*} = f - \frac{\alpha_b}{1+2\lambda(1+\tau_f)}, \quad \phi_i^{F*} = \frac{\eta(1+\lambda)}{c(1+2\lambda)} \text{ 以及 } \pi_i^{F*} = \frac{4c(f-\alpha_s)+\frac{4c(t-\alpha_b)-2\eta^2}{1+2(1+\tau_f)\lambda}-\eta^2(1+\frac{1}{(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2})}{8c}。$$

(3) 平台 QECM 和买方 FCM 的模型：模型 U

在此模型中，我们考虑平台和买家同时面临的信息不对称，即平台 QECM 和买家 FCM，标记为模型 U 。进而得出定理 4.4（见附录 1 的证明）。

定理 4.4 当关于质量努力成本和公平关切的信息都不对称时，均衡结果如下：

$$\text{平台最优定价、质量努力水平和利润为 } p_{bi}^{U*} = \frac{t}{1+2\lambda(1+\tau_f)} - \alpha_s, \quad p_{si}^{U*} = f - \frac{\alpha_b}{1+2\lambda(1+\tau_f)},$$

$$\phi_i^{U*} = \frac{\eta(1+\lambda+\lambda\tau_f)}{c(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)} \text{ 以及 } \pi_i^{U*} = \frac{1}{2} \left(f - \alpha_s - \frac{\eta^2(1+\lambda+\lambda\tau_f)^2}{c(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2} + \frac{t-\alpha_b}{1+2\lambda+2\lambda\tau_f} \right)。$$

4.3 信息不对称对平台决策的机理分析

根据定理 4.1-4.4，我们可以从以下两个角度得到平台的最优决策。作为信息不对称机制分析的一部分，我们想知道平台的 QECM 和买方的 FCM 对双边市场运营策略的影响。根据附录 2 中四种情景的均衡结果，我们分析了误报因素对平台最优决策的影响机制。模型 U 同时考虑了平台和买家的虚报变量，而模型 F 和模型 C 则没有考虑。事实上，效用结构与其他部分相同，不同的是信息不对称的影响。因此，模型 F 和模型 C 对虚报因素的影响与模型 U 趋于一致，只是在定量部分略有不同。不失一般性，本节我们以模型 U 为例来分析信息不对称的机理。接下来，我们通过提出命题 4.1-4.3 来回答这些问题。

4.3.1 FCM 对平台定价和质量努力的影响

命题 4.1 买方的 FCM 因素对均衡结果的影响如下（见附录 1 的证明）：

- (a) 买方 FCM 因素对平台最优定价和质量努力水平的影响： $\frac{\partial p_{bi}^{U*}}{\partial \tau_f} < 0$ ， $\frac{\partial p_{si}^{U*}}{\partial \tau_f} > 0$ 以及 $\frac{\partial \phi_i^{U*}}{\partial \tau_f} < 0$ 。
- (b) 买方 FCM 因素对双边用户均衡效用的影响： $\frac{\partial u_{si}^{U*}}{\partial \tau_f} < 0$ ；当 $0 \leq \theta_p < \frac{\eta^2-2ct}{2ct}$ 时， $\frac{\partial u_{bi}^{U*}}{\partial \tau_f} < 0$ ；当 $\theta_p \geq \frac{\eta^2-2ct}{2ct}$ 时， $\frac{\partial u_{bi}^{U*}}{\partial \tau_f} > 0$ 。

命题 4.1 主要探讨了买方 FCM 对双边市场决策的影响。我们可以从命题 4.1

(a) 中得出以下结论。平台对买方的定价随着买方虚报因子的增加而减少，而对卖方的定价随着买方虚报因子的增加而增加。换句话说，买方的 FCM 越大，平台越会增加对虚报方的关注，从而降低其价格。然而，这是以没有公平关切的

一方为代价的。因此，在双边市场中，买方虚报公平性信息是有利可图的，但却会给市场的另一方带来风险。同时，平台的质量努力水平会随着公平关切虚报因素的增加而降低。原因如下，如果平台意识到买方夸大了自己的公平关切，那么平台显然会降低对这种信息传递的质量努力水平。由于买家夸大了自己的公平关切，平台能够识别这种虚假陈述。当然，用户可以接受平台适当降低其质量努力。此外，过度夸大信息可能会让买家感到内疚和不安，不敢要求平台提高质量水平。

根据命题 4.1 (b)，我们可以推断出买方的 FCM 是如何影响双边用户的均衡效用。结论表明，卖方的效用随着买方 FCM 的增加而减少，但买方误报因素对其效用的影响取决于平台 QECM 因素的范围。当平台的 QECM 因子较小时，买方的效用会随着其误报因子的增加而降低，反之，其效用则会增加。以下是对这种效应的解释：从卖家的角度来看，由于买家的 FCM，平台降低了定价以缓和这种负面影响，但却提高了卖家的定价水平。毋庸置疑，卖家会遭受效用损失。与此同时，命题 4.1 (a) 表明，在面临不确定的公平信息时，卖家会适当降低其质量努力。

总之，卖方的效用损失是由多种因素造成的。从买方的角度来看，当平台的 QECM 较低时，买方的 FCM 会降低其效用。也就是说，当平台的 QECM 因子低于临界值时，平台的质量努力成本不会低于 $c(1 + \theta_p)$ ，并严格按 θ_p 递增。然而，这种误报并不会给平台带来显著收益。同时，买家的 FCM 向平台传达了一个重要信号，即他们担心公平性。但平台并不希望用户对公平性的担忧损害其利润分配。总之，当平台的 QECM 较低时，平台不希望以牺牲用户的规模效应为代价来回应买家的 FCM。随着时间的推移，买方的效用必然会随着其误报因素而减少。相反，当平台的 QECM 较高时，买方的 FCM 会提高其效用。这说明，双边市场竞争越激烈，市场信息水平越容易暴露。这反映了当平台声称的质量努力成本超出用户预期时，双边用户有披露其成本信息的动机。这是因为双边用户在提及他们与平台之间的利益差距时，会产生不公平感。平台为了避免买方的公平关切而遭到报复，买方提出的公平关切越强烈，平台设定的定价就越低。因此，买方获得的效用会越来越大。此外，平台从误报成本中获得的收益大于因公平关切而导致的下降带来的损失。此外，平台还可以通过降低价格来吸引买家。这样，平台就能利用跨网络外部性，从而在竞争市场中实现“赢家通吃”^{[42]~[43]}。

4.3.2 QECM 对平台定价和质量努力的影响

命题 4.2 平台的 QECM 因素对均衡结果的影响（见附录 1 的证明）：

（a）平台的 QECM 因子对平台定价和质量努力水平的影响： $\frac{\partial p_{bi}^{U*}}{\partial \theta_p} = 0$ ， $\frac{\partial p_{si}^{U*}}{\partial \theta_p} = 0$ 以及 $\frac{\partial \phi_i^{U*}}{\partial \theta_p} < 0$ 。

（b）平台的 QECM 因素对双边用户均衡效用的影响： $\frac{\partial u_{bi}^{U*}}{\partial \theta_p} < 0$ ， $\frac{\partial u_{si}^{U*}}{\partial \theta_p} < 0$ 。

命题 4.2 的主要目的是研究平台的 QECM 如何影响双边市场的决策。命题 4.2（a）表明，平台对双边用户的定价与平台的误报因素无关（根据模型 C，当只有平台 QECM 存在时，平台的定价与其误报因素无关）。从本质上讲，我们已经考虑到这是在模型设置中平台误报质量努力成本后的定价。因此，我们的模型假定平台的误报因素与定价无关。

我们知道，在委托代理理论中，委托人会激励代理人做出相应的销售努力，以解决由于佣金或工资合同的建立而产生的信息不对称问题^[33]。同样，在双边市场中，双边用户与平台之间也存在委托代理关系。因此，平台可以利用代理关系造成的信息不对称，虚报其质量努力成本，以获得更多收入。然而，信息不对称对双边用户的不利影响导致了潜在的道德风险问题。这种道德风险问题在平台的质量努力中得到了充分体现。很明显，平台的质量努力水平会随着误报因素质量努力成本的增加而降低。平台在向双边用户宣传其质量努力成本增加的同时，也降低了自身的质量努力水平。对于双边市场系统而言，信息不对称显然会给平台带来更大的信息优势。然而，这种信息不对称会给双边用户带来潜在的道德风险问题。

命题 4.2（b）揭示了平台误报因子对双边用户均衡效用的影响。我们可以得出结论：随着平台误报因子的增加，双边用户的均衡效用都会下降。从命题 4.2（a）的分析中我们可以看出，由于双边用户是通过委托平台来进行信息交易服务的，因此平台在双向系统中扮演着主导者的角色。因此，他们拥有更大的信息优势。通过这种信息不对称博弈，平台向双边用户夸大了其质量努力成本，从而增加了对双边用户的剥削。从长远来看，这最终会导致双边用户效用的降低。总之，信息不对称造成的负面影响会带来潜在的道德风险问题。

4.3.2 信息不对称对平台利润的影响

命题 4.3 平台的 QECCM 因子和买家的 FCM 因子对平台利润的影响如下（见附录 1 的证明）：

$$\frac{\partial \pi_i^{U^*}}{\partial \theta_p} > 0 ; \quad \text{当 } 0 < \theta_p < \frac{-\eta^2}{2c(\alpha_b - t)} - 1 \text{ 时},$$

$$\begin{cases} 0 \leq \tau_f < \frac{(1+2\lambda)[c(1+\theta_p)(t-\alpha_b)]-\eta^2(1+\lambda)}{\lambda[\eta^2+2c(1+\theta_p)(\alpha_b-t)]}, & \frac{\partial \pi_i^{U^*}}{\partial \tau_f} < 0 \\ \tau_f \geq \frac{(1+2\lambda)[c(1+\theta_p)(t-\alpha_b)]-\eta^2(1+\lambda)}{\lambda[\eta^2+2c(1+\theta_p)(\alpha_b-t)]}, & \frac{\partial \pi_i^{U^*}}{\partial \tau_f} > 0 \end{cases}; \quad \text{当 } \theta_p \geq \frac{-\eta^2}{2c(\alpha_b - t)} - 1 \text{ 时},$$

$$\begin{cases} 0 \leq \tau_f < \frac{(1+2\lambda)[c(1+\theta_p)(t-\alpha_b)]-\eta^2(1+\lambda)}{\lambda[\eta^2+2c(1+\theta_p)(\alpha_b-t)]}, & \frac{\partial \pi_i^{U^*}}{\partial \tau_f} > 0 \\ \tau_f \geq \frac{(1+2\lambda)[c(1+\theta_p)(t-\alpha_b)]-\eta^2(1+\lambda)}{\lambda[\eta^2+2c(1+\theta_p)(\alpha_b-t)]}, & \frac{\partial \pi_i^{U^*}}{\partial \tau_f} < 0 \end{cases}.$$

根据命题 4.1 和 4.2, 我们已经知道私人信息对平台定价和质量努力的影响, 以及双边用户的均衡效用。这种不对称信息对平台利润的影响是我们接下来了解的。根据命题 4.3, 当买家和平台都误报其私人信息时, 平台的利润会随着其误报系数的增加而增加。也就是说, 平台有动机错误地报告成本, 当它错误地报告自己的成本信息时, 它能够获得更高的收益。一个显而易见的事实是, 在双边市场中, 平台的最优策略是不调整定价。这是因为平台没有意识到买方的 FCM 带来的不确定性的效用。相反, 他们利用自己作为主导信息提供者的角色, 表面上夸大自己的成本信息以吸引用户, 暗地里却降低自己的质量努力水平。这种行为背后的逻辑无疑从两个角度增加了平台的收益: 提升用户的网络价值, 同时降低内部成本。

然而, 平台利润与买家 FCM 因素变化之间的关系更为复杂。在第一个维度上, 当平台的 QECCM 因子在不同临界值内时, 平台利润与买家 FCM 因子呈现出不同的变化关系。在第二个维度上, 在平台的 QECCM 因子较小的前提下, 当买家的 FCM 因子低于某一临界值时, 平台的利润随着买家的 FCM 因子的增加而减少。相反, 当买家的 FCM 系数高于某一临界值时, 平台的利润会随着买家的 FCM 系数的增加而增加。但是, 在平台的 QECCM 因子较大的前提下, 平台的利润与买方的 FCM 因子呈反向变化。通过梳理上述关系, 我们可以发现平台与买方的私人信息之间存在相互博弈的关系。平台的 QECCM 收益与买方的 FCM 降价损失之间存在杠杆效应。具体来说, 当虚报成本的收益相对较大时, 平台的利润会随着买方的 FCM 因子的增加而增加; 反之, 平台的利润会随着买方的 FCM

因子的增加而减少。一般来说，当平台和买家都虚报信息时，平台的收益与自身虚报信息的程度成正比。然而，用户的虚报信息却对其不利。在信息不对称问题上，两者之间存在着你强他弱或你弱他强的对立关系。

4.4 比较分析

为进一步了解信息不对称对双边市场运作的影响，我们比较了上述四个博弈模型中平台的最优决策（包括定价和质量努力水平）。此外，我们还对比了纳什均衡下的平台利润和双边用户效用。通过比较，以下命题 4.4-4.7 揭示了双边市场中三方（即平台、买方和卖方）的策略行为。

4.4.1 平台定价的比较

命题 4.4 平台在四种博弈情况($\{B, C, F, U\}$)下的最优定价满足如下关系(见附录 1 的证明)： $p_{bi}^{U*} = p_{bi}^{F*} \leq p_{bi}^{B*} = p_{bi}^{C*}$ ， $p_{si}^{C*} = p_{si}^{B*} \leq p_{si}^{F*} = p_{si}^{U*}$ 。

命题 4.4 证明了平台和买方拥有的私人信息对平台定价决策的影响。在第一个维度上，在模式 B 和 C 或模式 F 和 U 下，平台对双边用户的定价是相等的，即 $p^{U*} = p^{F*}$ 或 $p^{C*} = p^{B*}$ 。换言之，平台关于质量努力成本的信息对于双边用户的定价是独立的，这种信息误报表面上不会影响双边用户的定价。与命题 4.2 的解释一样，平台不会提高双边用户的定价。但是，他们通过虚报成本信息，加强对双边用户质量保证的宣传，实现了最优定价策略。实际上，平台作为信息交易的中介，在信息方面比用户更有优势^[32]。因此，当平台虚报其质量努力成本时（或者说，用户对平台的质量努力没有强烈的感知），用户很难感知到这种信息差异。也就是说，平台的定价实际上是固定的信息。事实上，用户看到的报价实际上是平台误报后的价格。因此，平台虚报成本本质上是一种利用信息不对称的策略行为。与前人不同的是，我们的模型证明了平台利用了信息不对称，从而掌握了更高的定价权^[33]。

从另一个维度来看，买方的 FCM 降低了平台对其的定价，提高了对卖方的定价，即 $p_{bi}^{F*} \leq p_{bi}^{B*}$ 或 $p_{si}^{B*} \leq p_{si}^{F*}$ 。也就是说，买方的 FCM 对自己有利，但对市场上的卖方不利。在这种情况下，虚报买方的公平偏好就是一种“损人利己”的行为。其背后的动机是平台可以轻易发现用户的虚报信息行为。当平台察觉到买家夸大其公平关切时，就有义务对此类负面消息做出回应，以防止用户规模的损失

^[25]。他们需要在维护自身利益的同时消除过度公平关切的不利影响。那么，他们就会在误报公平关切的一方降低定价，而在没有公平关切的另一方提高定价。

4.4.2 平台质量努力水平的比较

命题 4.5 四种博弈情景 ($\{B, C, F, U\}$) 下的平台最优质量努力水平如下：当 $0 \leq \theta_p \leq \frac{\lambda\tau_f}{(1+2\lambda)(1+\lambda+2\tau_f)}$ 时, $\phi_i^{U*} \leq \phi_i^{F*} \leq \phi_i^{C*} \leq \phi_i^{B*}$ ；否则, 当 $\theta_p \geq \frac{\lambda\tau_f}{(1+2\lambda)(1+\lambda+2\tau_f)}$ 时, $\phi_i^{U*} \leq \phi_i^{C*} \leq \phi_i^{F*} \leq \phi_i^{B*}$ 。

命题 4.5 揭示了当平台和买家都虚报其私人信息时，平台的质量努力水平最低。在这种情况下，信息不对称问题不利于平台的质量努力水平，因为平台和买家都更关注虚报带来的虚假繁荣。此外，通过提供虚假的质量努力成本信息，平台能够提高其在用户中的知名度，并进一步利用跨网络外部性扩大用户规模。然而，表面上看，虚报成本会导致更多用户访问该平台，实质上会产生道德风险问题，从而进一步降低质量努力水平。从现实角度看，平台作为信息交易的重要枢纽，使其具有更强的信息感知能力。然而，用户需要以平台为载体，所以他们感知信息的能力不如平台。因此，平台对这种信息误报的感知能力更强。此外，他们会以用户也能接受的程度去降低自身的质量努力水平。总之，平台和买家会通过虚报这些私人信息来表面上假装繁荣，这实质上加速了平台质量努力水平的损失。从双边市场的福利角度来看，这充分反映了信息不对称带来的道德风险问题。相反，当平台和买方都如实报告自己的信息水平时，平台会做出最优的质量努力。因此，平台和买家应决定如实申报自己的信息水平，以尽可能提高平台的质量努力水平。双边市场应建立透明、互信的关系，这将有助于平台及其双边用户的持续增长。

然而，当平台或买方中只有一方虚报信息时（模式 F 或 C ），平台的质量努力水平介于模式 U 和 B 两种情况之间。具体地说，当平台的误报因子较低时，平台的质量努力水平仅适用于平台的 QEKM（模型 C ），高于仅适用于买方的 FCM（模型 F ）（ $\phi_i^{F*} \leq \phi_i^{C*}$ ）。反之，当平台误报系数较高时，模型 F 中平台的质量努力水平低于模型 C （ $\phi_i^{C*} \leq \phi_i^{F*}$ ）。根据命题 4.2，平台的质量努力水平随着其 QEKM 的降低而降低。因此，当平台误报较多时，其质量努力水平较低。相反，它们的质量努力水平较高。

4.4.3 双边用户的效用比较

命题 4.6 通过比较四种博弈情况 ($\{B, C, F, U\}$) 下双边用户的均衡效用, 均衡效用关系如表 4-3 所示。(见附录 1 的证明)。

表 4-3 四种模式下的均衡效用

均衡效用	条件	结论
u_s^*	$0 \leq \delta < M$	$u_s^{U^*} \leq u_s^{F^*} < u_s^{C^*} \leq u_s^{B^*}$
	$\delta \geq M$	$u_s^{U^*} \leq u_s^{C^*} \leq u_s^{F^*} \leq u_s^{B^*}$
	----	$u_b^{C^*} \leq u_b^{B^*}, u_b^{U^*} \leq u_b^{F^*}$
u_b^*	$c \geq \frac{\eta^2}{2t}$	$u_b^{F^*} \geq u_b^{B^*}$
	$0 \leq c < \frac{\eta^2}{2t}$	$u_b^{F^*} < u_b^{B^*}$
	$\theta_p \geq \frac{\eta^2 - 2ct}{2ct}$	$u_b^{U^*} \geq u_b^{C^*}$
	$0 \leq \theta_p < \frac{\eta^2 - 2ct}{2ct}$	$u_b^{U^*} < u_b^{C^*}$
	$0 \leq \delta < N$	$u_b^{U^*} > u_b^{B^*}$
	$\delta \geq N$	$u_b^{U^*} \leq u_b^{B^*}$

注: 因为平台 1 和平台 2 之间所有相同的决策变量都是相等的, 所以我们使用不带下标的形式“平台 (i)”来表示我们的最优决策变量。其中 $\delta = \frac{\theta_p}{\tau_f}$, $M = \frac{\lambda\{\eta^2[1-(1+2\lambda)\theta_p]+2c\alpha_b(1+\theta_p)\}}{\eta^2(1+\lambda)(1+2\lambda)}$, $N = \frac{\lambda\{-\eta^2[1+2(1+\lambda)\theta_p]+2ct(1+\theta_p)\}}{\eta^2(1+\lambda)(1+2\lambda)}$ 。

我们认为, 平台和买家行为变化的内在原因来自各自的信息水平。因此, 在比较双边用户的效用时, 我们引入了一个信息变化的相对量, 称为“信息误报比” ($\delta = \frac{\theta_p}{\tau_f}$, $\delta \geq 0$)。事实上, δ 与用户误报信息的相对程度有关。从表 4-3 中, 我们可以得到不同情形下双边用户效用的大小。首先, 我们从卖方的角度分析均衡效用的变化。当平台和买家都误报信息时, 卖家的效用最低; 但当平台和买家都如实报告信息时, 卖家的效用最高。具体来说, 当 δ 较小时, 模型 C 下的卖方效用大于模型 F 下的卖方效用; 反之, 模型 F 下的卖方效用大于模型 C 下的卖方效用。根据命题 4.1, 我们知道平台虚报信息会导致其质量努力下降, 进而导致卖方效用下降。此外, 买家虚报信息会提高卖家的定价, 从而降低效用。这两种信息误报都会导致卖方效用的损失。平台和买方虚报信息的相对规模不同, 谁的虚报程度更高, 那么卖方的效用损失就更大。通过以上分析, 我们可以得出一

个结论。在一个双边市场中，平台和买方的虚报行为一定是以牺牲卖方的效用为代价的。而且，虚报程度越大，卖家的效用损失就越多。

其次，从买家效用变化的角度来看，情况更为复杂。我们总是可以看到： $u_b^C \leq u_b^B$ ， $u_b^U \leq u_b^F$ 。模型 C 和模型 B 以及模型 U 和模型 F 的区别在于平台是否虚报了其质量努力成本。我们可以得出结论：无论买方是否虚报其公平关切，平台的 QECCM 都会降低买方的效用。这是由于平台虚报造成了道德风险问题，进而导致用户效用下降。接下来，我们可以看到 u_b^F 和 u_b^B 之间的关系。其中，当平台的单位质量努力成本较低时，买方的 FCM 会减少其效用，反之，则会增加其效用。这是因为当只有买方的 FCM 存在时，买方的误报会增加其效用。然而，平台的成本投入会影响他们获得的总效用的变化。二者的区别在于买方是否虚报公平关切与平台投入成本大小的博弈。关于命题 4.1 (b) 中 u_b^U 和 u_b^C 之间的关系，我们知道当平台的 QECCM 因子较低时，买方的 FCM 会降低其效用，反之则会增加其效用。最后，关于 u_b^U 和 u_b^B 之间的关系。它们之间的差异主要体现在信息误报率上。这背后的逻辑是，两类信息的不对称性都体现在其中，它们的相对大小决定了它们的效用的变化。

4.4.4 平台利润的比较

命题 4.7 通过比较四种博弈情况 ($\{B, C, F, U\}$) 下的平台最优利润，它们之间的关系如表 4-4 所示（见附录 1 的证明）。

表 4-4 4 种模式下的平台最优利润

平台利润	条件		结论
π^{B^*}, π^{C^*}	----		$\pi^{B^*} \leq \pi^{C^*}$
π^{F^*}, π^{U^*}	----		$\pi^{F^*} \leq \pi^{U^*}$
π^{B^*}, π^{F^*}	$\alpha_b - t > -\frac{\eta^2(3+2\lambda)}{4c(1+2\lambda)}$	$0 < \tau_f \leq \tau_{f1}$	$\pi^{F^*} \leq \pi^{B^*}$
		$\tau_f > \tau_{f1}$	$\pi^{F^*} > \pi^{B^*}$
	$\alpha_b - t \leq -\frac{\eta^2(3+2\lambda)}{4c(1+2\lambda)}$	$0 < \tau_f \leq \tau_{f1}$	$\pi^{F^*} \geq \pi^{B^*}$
		$\tau_f > \tau_{f1}$	$\pi^{F^*} < \pi^{B^*}$
π^{C^*}, π^{U^*}	$\alpha_b - t > -\frac{\eta^2(3+4\lambda)}{4c(1+2\lambda)(1+\theta_p)}$	$0 < \tau_f \leq \tau_{f2}$	$\pi^{U^*} \leq \pi^{C^*}$
		$\tau_f > \tau_{f2}$	$\pi^{U^*} > \pi^{C^*}$
	$\alpha_b - t \leq -\frac{\eta^2(3+4\lambda)}{4c(1+2\lambda)(1+\theta_p)}$	$0 < \tau_f \leq \tau_{f2}$	$\pi^{U^*} \geq \pi^{C^*}$
		$\tau_f > \tau_{f2}$	$\pi^{U^*} < \pi^{C^*}$
π^{B^*}, π^{U^*}	$\alpha_b - t > \omega_1$		$\pi^{U^*} > \pi^{B^*}$
	$\alpha_b - t \leq \omega_1$		$\pi^{U^*} \leq \pi^{B^*}$

注： $\tau_{f1} = -\frac{2(1+\lambda)[\eta^2(1+\lambda)+c(1+2\lambda)(\alpha_b-t)]}{\lambda[\eta^2(3+4\lambda)+4c(1+2\lambda)(\alpha_b-t)]}$ ， $\tau_{f2} = -\frac{2(1+\lambda)[\eta^2(1+\lambda)+c(1+2\lambda)(\alpha_b-t)(1+\theta_p)]}{\lambda[\eta^2(3+4\lambda)+4c(1+2\lambda)(\alpha_b-t)(1+\theta_p)]}$ ，

$$\omega_1 = -\frac{\eta^2\{\theta_p(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2(1+\lambda)^2+\lambda\tau_f[2(1+\lambda)(1+2\lambda)+\lambda\tau_f(3+4\lambda)]\}}{2c\lambda\tau_f(1+2\lambda)(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)}。$$

从模型 B 到模型 C , 从模型 F 到模型 U , 我们可以确认平台的利润提高了(即 $\pi_i^{B*} \leq \pi_i^{C*}$, $\pi_i^{F*} \leq \pi_i^{U*}$)。值得注意的是, 它们之间唯一的区别在于平台是否在状态转换期间误报了质量努力成本。那么, 我们可以理解为平台的误报是为了自身利益。虚报成本是为了利用网络外部性从而吸引更多用户, 同时也降低了自身的努力水平。这两种因素共同促进了平台的盈利。因此, 我们得出结论, 平台的虚报行为属于“损人利己”的行为。

从模型 B 到模型 F , 从模型 C 到模型 U , 平台利润的相对大小取决于买家的单位盈余和虚报因子 τ_f 的大小。具体来说, 如果单位盈余大于一定范围, 当误报水平较低时, 平台的利润就会减少(即 $\pi^{F*} \leq \pi^{B*}$ 和 $\pi^{U*} \leq \pi^{C*}$); 当误报水平较高时(即 $\pi^{F*} > \pi^{B*}$ 和 $\pi^{U*} > \pi^{C*}$), 平台利润上升。反之, 当单位盈余低于某一临界值时, 平台利润会发生反向变化。我们可以看到, 这两种状态之间的转换都受到买方 FCM 的影响。它们唯一的区别在于, 平台的 QECCM 会导致买方 FCM 的大小发生变化。因此, 我们得出的结论是, 买方的 FCM 会导致自身价格下降, 但不一定导致平台利润的损失。换句话说, 买方的 FCM 是一种策略行为, 但平台的盈利能力并不是由公平偏好决定的, 而是受多种因素共同影响的。

4.5 策略行为分析

基于上述对比分析过程, 我们揭示了平台的运营决策过程。接下来, 我们要分析信息的价值是如何在模型的动态演化中体现出来的。此外, 为了更好地理解信息不对称对双边市场参与者策略行为的影响, 我们在图 4-2 中总结了模型的动态演化过程。因此, 我们整合了两类信息的价值, 可以为平台的运营决策提供有益的管理指导。

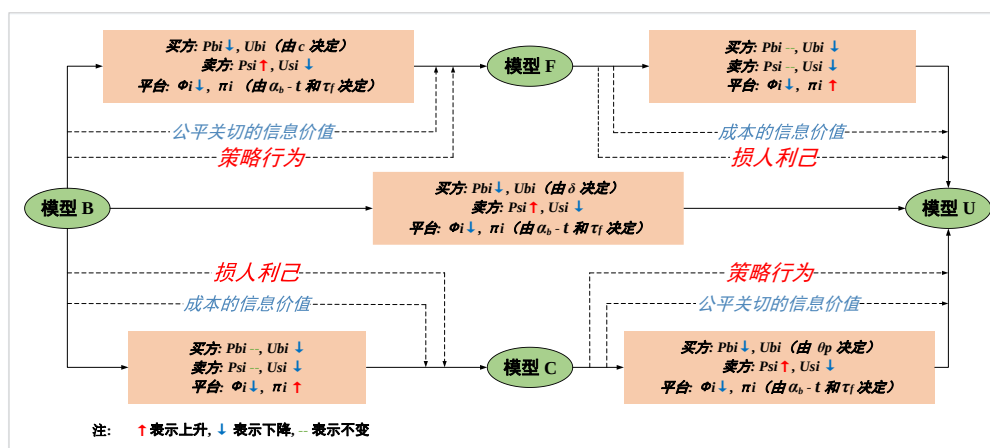


图 4-2 信息价值模式的演变

从模型 *B* 到模型 *C*，从模型 *F* 到模型 *U*，平台的 QECM 是一种“损人利己”的行为。具体来说，这种行为在增加自身收入的同时，也降低了双边用户的效用。现实中，平台作为信息的主导者，与用户之间的信息可能并不透明。特别是一些大型平台，它们控制着资金流和信息流，因此在双边市场中占据主导地位，它们会采取这种策略行为来提高自身的收益。

从模式 *B* 到模式 *F*，从模式 *C* 到模式 *U*，对卖方而言，买方的 FCM 显然加剧了他们的经济牺牲，但他们不得不接受。然而，对买方来说，这是一种策略行为。他们有意掩饰并试图夸大自己的公平偏好，同时也利用了公平关切的信息价值。基于这种信息不对称的价值，平台高估了对买方来说并不存在的公平关切。值得注意的是，这种策略行为尽管会导致自身价格下降，但其效用的变化会受到其他因素的影响。对于平台来说，它们会通过采用倾斜定价和降低质量努力水平来应对这种信息误报。然而，这种策略行为并不一定会提高利润，同样会受到其他因素的干扰。

从模型 *B* 到模型 *U*，我们纳入了两种策略行为。具体来说，平台的 QECM 会降低自身的质量努力水平，从而减少平台在质量部分的成本投入。然而，质量努力水平的降低会损害双边用户的利益。同样，买家的 FCM 会使平台降低定价，但会提高卖家的定价。因此，虚报是平台和买方都有意使用的策略。他们利用自己在双边市场中的信息优势谋取私利，损害其他参与者的利益。所以说，他们的策略行为是“损人利己”的表现。对于双边市场体系而言，需要综合考虑两种信息价值的相对权重，尽可能权衡信息差异的利弊。因此，需要建立一个稳定的双边生态系统。

4.6 数值分析

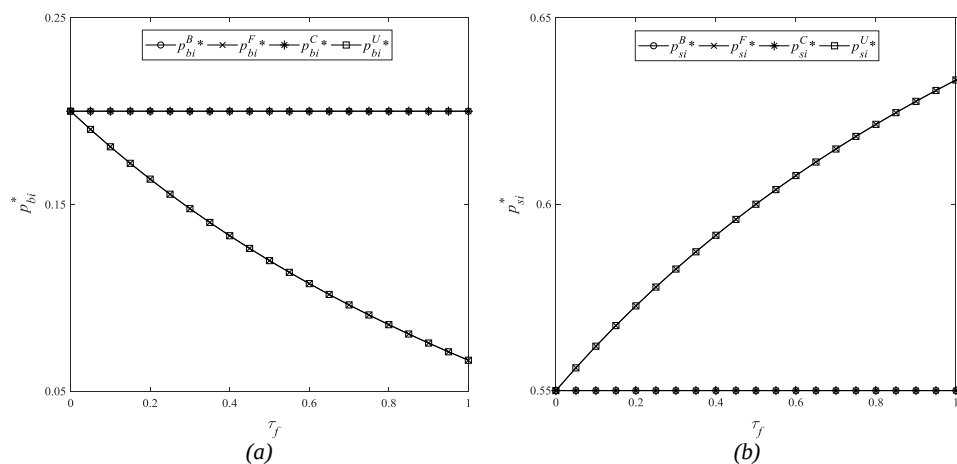
在本节中，为了进一步验证本文的研究结论，我们进行了数值分析，以直观展示两种信息不对称对平台运营决策的影响。与之前的研究类似^{[25][26][96]}，我们设置的基本参数如表 4-5 所示。

表 4-5 仿真参数

参数	图 4-3	图 4-4	图 4-5	图 4-6
τ_f	[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]
θ_p	—	[0,1]	[0,1]	[0,1]
λ	0.5	0.5	0.5	0.5
α_b	0.5	0.5	0.5	0.5,0.59,0.75
α_s	0.2	—	0.5	0.5
t	0.8	—	0.2,0.5	0.8,0.9
f	0.8	—	0.2	0.8,0.9
c	1	1	1	0.8,1
η	—	0.4	0.4,0.8	0.8

4.6.1 平台定价的分析

图 4-3 (a) 和图 4-3 (b) 说明了买方 FCM 对平台定价策略的影响。我们可以看到，模式 B 和模式 C 的最优定价是某一特定值，因为这两种情况下都不存在买方 FCM。相反，在模型 F 和模型 U 中，随着公平关切误报因子 τ_f 的增加，平台将采取倾斜定价策略，即降低对买方的定价，提高对卖方的定价。因此，我们可以得到这样的管理启示：买方的 FCM 会调整两方市场的定价结构。此外，平台会在双边用户之间重新分配定价，以应对公平信息的不确定性。价格结构的非中性是双边市场的一个重要特征，对于任何一方的用户来说，信息的价值都会造成不对称的价格结构比^[145]。显然，对于一个以利润最大化为目标的平台来说，他会通过调整价格结构来减轻公平信息不确定一方的顾虑，以吸引他们使用平台。反过来，平台也会利用“分而治之”的策略吸引另一方的用户加入^{[39][41][42]}。


 图 4-3 τ_f 对四种模式下平台最优定价的影响

4.6.2 平台质量努力水平的分析

图 4-4 (a) 和图 4-4 (b) 显示了四种模式下两种误报因素对最优质量努力水平的影响。我们发现，买方的 FCM 和平台的 QECCM 都会降低平台的质量努力水平。此外，模型 B 的质量努力水平最高，而模型 U 的质量努力水平最低。模型 F 和模型 C 的质量努力水平取决于平台 QECCM 因子的大小。具体来说，当平台误报成本较低时，模型 C 的质量努力水平高于模型 F 。然而，当平台误报系数超过一定范围时，模型 C 的质量努力水平低于或等于模型 F 。毋庸置疑，信息误报会加剧平台质量努力水平的下降。其一，用户通过虚报公平性信息迫使平台降低定价。另一种观点认为，平台虚报信息的目的是降低其质量努力水平，以获取更多利润。然而，正是这种委托代理关系导致了双边市场的信息不对称，加剧了潜在的道德风险问题。因此，虚报信息实质上是在损害双边市场的福利。只有透明的信息系统才能有助于实现平台运营战略中稳定的双边生态。

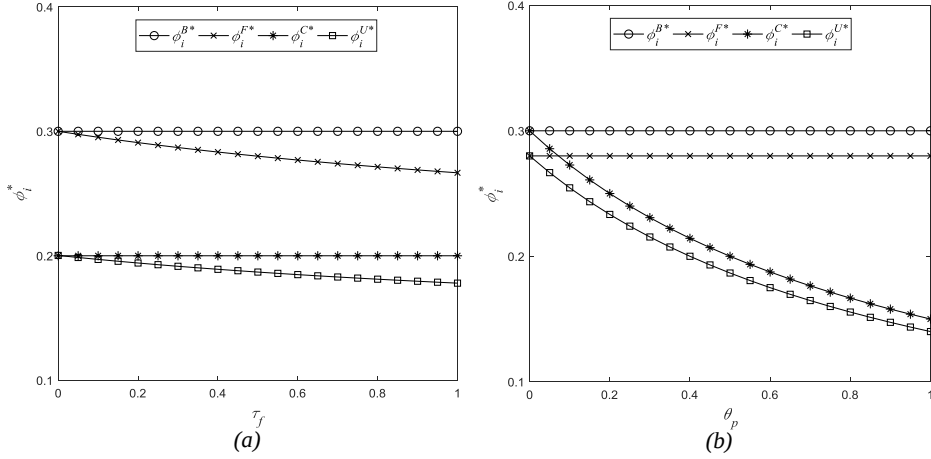


图 4-4 四种模式下误报因素对质量努力的影响

4.6.3 双边用户效用的分析

双边用户效用曲线与平台的 QECCM 和买家的 FCM 因子之间的关系如图 4-5 所示。图 4-5 (a) 显示了四种模式下卖方效用与买方 FCM 因子之间的关系。首先，我们可以发现卖方的效用随着买方 FCM 因子的增加而减少，因此买方的误报将以卖方效用的损失为代价。其次，当平台和买方都传达真实信息时，卖方获得的效用最大。相反，当平台和买家都传递虚假信息时，卖家的效用最低。当只有一方传递虚假信息时，当信息误报率 δ 小于一定临界值时，模型 F 的卖家效用高于模型 C 。相反，当 δ 足够大时，模式 F 的卖方效用低于模式 C 。这证实了命题 4-6 的结论，即两种不对称信息都会损害卖方的利益。此外，他们的效用差距是由信息的相对大小决定的。图 4-5 (b) 显示了买方的 FCM 因子与买方效用之间的关系。对买方而言，有关公平关切的不对称信息是有益的。它能够使平台降低定价，从而增加他们的效用。然而，当双方都传递虚假信息时，关于公平关切的不对称信息并不总是最好的，这取决于信息误报率 δ 。作为私人信息，买方需要用自己的信息价值与平台的信息价值进行博弈。当且只有买方充分利用公平关切的信息，才能发挥信息不对称的价值。图 4-5 (c) 显示了平台的 QECCM 因子与买家效用之间的关系。我们比较了模型 C 和模型 U 中的效用大小。在这两个模型中，买家的效用相对于平台的 QECCM 因子都是递减的。此外，模型 C 和模型 U 之间产生的效用差距相对于 θ_p 先减小后增大。特别是，当 θ_p 较小时，买家对模式 C 的效用大于模式 U 。我们认为平台的 QECCM 对用户不利。对于买家来

说，他希望平台的成本信息总是对称的。如果不是这样，他就有动机提供虚假的公平信息，以弥补效用上的牺牲^[31]。

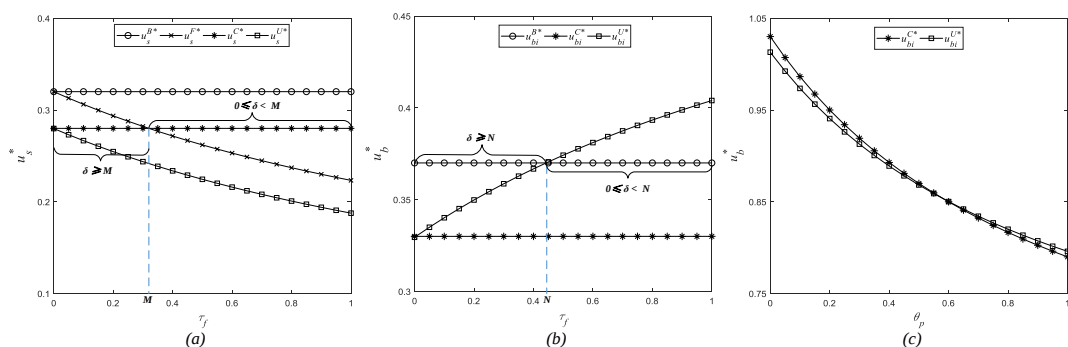


图 4-5 误报因素对双边用户效用的影响

4.6.4 平台利润的分析

图 4-6 描述了平台的 QECCM 和买家的 FCM 因素对平台最优利润的影响。我们以模型 F 和 U 以及模型 C 和 U 为例，比较了两种情况下平台利润之间的关系。如图 4-6 (a) 所示，在模型 U 中，平台利润随着买方 FCM 因子的增加而增加，然后减少。同时，在平台和买方都误报信息的情况下（模型 U ），平台利润总是高于在 FCM 的情况下（模型 F ）。两种模型的区别在于平台是否虚报了质量努力成本。因此，不难看出，平台有动机隐瞒其质量努力成本的信息，而且在某种程度上，这种信息对自己有利。如图 4-6 (b) 所示，平台的 QECCM 因素加速了其盈利能力。然而，当平台的误报超过一定程度后（或当平台夸大其成本信息时），买方将以其 FCM 来反制平台的 QECCM。由此可见，当 θ_p 大于一定值时，平台和买方同时虚报成本时的平台利润要小于只虚报成本时的平台利润。总之，平台和买方的私人信息都是维护自身利益的有利工具。在模型 C 和 U 中，两种情况下平台利润的大小由多种因素决定。如图 4-6 (c) 和 (d) 所示，平台利润的变化趋势并不完全由信息不对称决定，在不同的单位盈余下，平台利润表现出不同的变化关系。从模型 C 到模型 U ，当单位盈余大于某一临界值时，当买家的 FCM 较小时，模型 C 下的平台利润大于模型 U 下的平台利润（即 $\pi^{U^*} \leq \pi^{C^*}$ ）；当买家的 FCM 较大时， $\pi^{U^*} > \pi^{C^*}$ 。反之，当单位盈余低于某一临界值时，模式 C 和模式 U 的平台利润大小相反。参照第三章的观点，平台关注的不仅是用户公平性的“不均”，而是两类信息误报的“不均”。换言之，平台需要平衡自身信息优势与买家信息劣势之间的冲突。

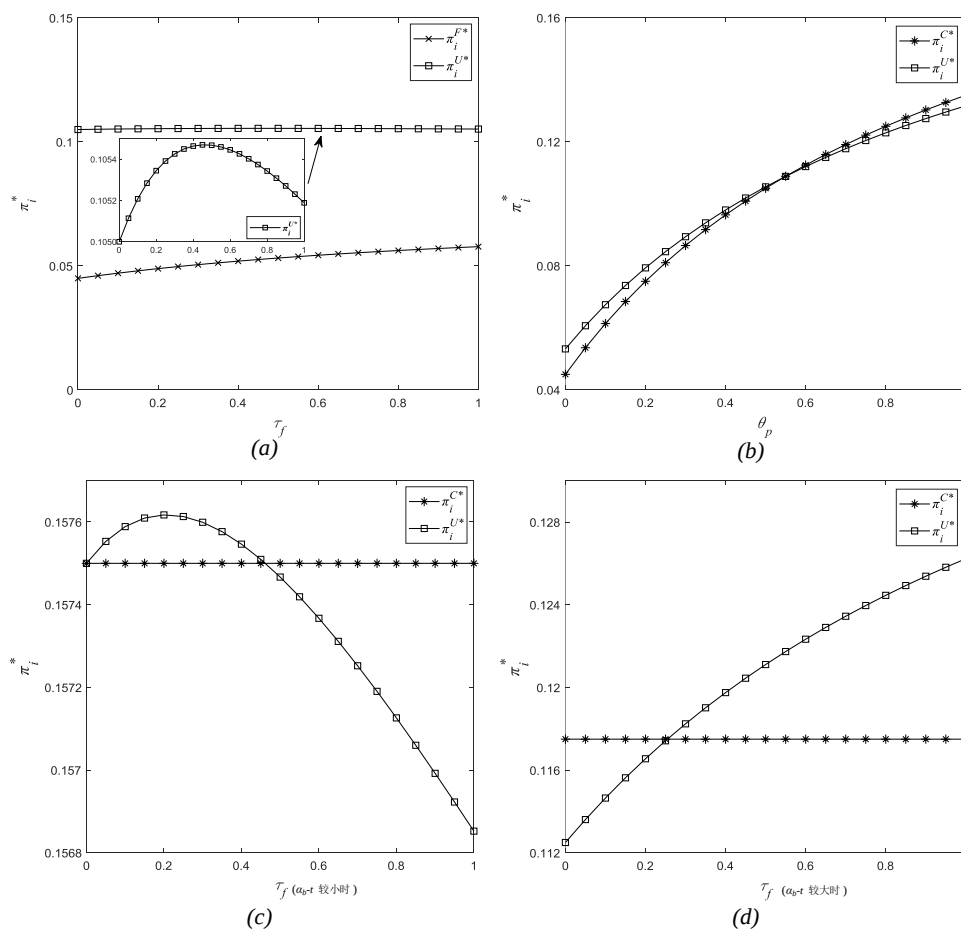


图 4-6 虚报因素对平台利润的影响

4.7 本章小结

回顾过去,作为影响决策者的重要心理行为因素公平关切的研究主要其中与供应链的领域。尽管平台经济发展迅速,但有关双边市场公平问题的研究却鲜有提及。作为双边市场的主导者,平台有强烈的动机虚报质量努力成本,以获取更多利润。而用户可能倾向于夸大他们对公平性的担忧。所有这些都会导致信息不对称。因此,信息不对称的价值成为一个重要的研究课题。本章基于信息不对称的两个维度,讨论了信息价值对双边市场最优决策的影响。我们比较分析了平台的最优定价、质量努力水平和利润,进而揭示了两种信息价值对双边市场的策略行为的演变。在本节中,第4.5.1和4.5.2小节总结了本文的主要发现和管理启示。

4.7.1 主要结论

首先,用户的 FCM 会导致平台定价的非中性,而这种行为只存在于双边

市场中的一方。换句话说，平台会降低价格以应对公平关切的不确定性，从而缓和公平关切的冲突。然而，这是以牺牲市场另一方用户的经济利益为代价的。

其次，平台的 QECM 和用户的 FCM 会加剧竞争性双边市场中潜在的道德风险问题。也就是说，平台的质量努力水平与误报因素一直存在负相关性。此外，当平台和买家都误报私人信息时，平台的质量努力水平最低。相反，当平台和买家都如实报告其私人信息时，平台的质量努力水平达到最高。显然，双边市场中任何一方参与者的信息误报对质量努力水平的提高都是负面的。

第三，平台的 QECM 会损害双边用户的效用，从而提高自己的利润。同时，买方的 FCM 会降低卖方的效用。然而，这并不总是能提高卖家的效用。只有当平台的 QECM 较小时，买家的效用才会增加。此外，平台的收益受单位盈余、平台的 QECM 和买家的 FCM 两种误报信息的共同影响。因此，平台和买家两类虚报信息之间存在一个相互博弈的过程。

最后，通过比较四种决策模型，我们发现平台的 QECM 和买家的 FCM 都是“损人利己”的策略行为。具体来说，平台的 QECM 会增加其收入，但会损害双边用户的福利，而买方的 FCM 会导致平台制定对其的倾斜定价策略。

4.7.2 管理启示

对于双边市场，以下见解可能有助于平台管理者和市场监管者制定更好的运营策略和监管计划。

首先，平台管理者可适当实施倾斜定价策略，以应对公平信息的不确定性。同时，平台在不考虑公平关切的情况下考虑用户的情感行为也很关键，如提高服务水平、提供增值服务等。因此，他们可以利用网络外部性占据更多的市场份额。

其次，买方或平台的信息误报会导致平台的质量努力水平下降，从而损害双边市场的福利。作为市场的监管者，需要努力使平台和用户能够提供真实的交易信息，以发展一个更加长期稳定的市场。对于平台而言，质量努力程度的降低确实会暂时提高其自身的收入。但对于平台内部运营的长远发展而言，这并不乐观。因此，平台有必要通过提高服务质量标准等手段来缓解公平信息不确定性带来的负面影响。

最后，鉴于单位盈余和虚报因素对平台利润的共同影响，平台应提高宣传品

牌效应的投入水平，以降低用户的进入门槛。最终，平台利用网络外部性抵消信息不确定性，从而提高自身利润。

第5章 全文总结与展望

5.1 研究结论

平台经济已经越来越盛行，不同于传统的线下经济，由于信息技术的发展，双边市场的运营过程中对网络经济起着主导性的作用，然而平台对用户的定价策略中很少考虑顾客的心理行为因素。显然，用户的公平关切是一种典型的心理行为因素，已经变成了一个严重的问题并影响顾客的购买决策。回顾过去，作为影响决策者的重要心理行为因素公平关切的研究主要其中与供应链的领域。由于平台经济的快速发展，双边市场中关于公平关切的研究很少被提及。因此，在我们的文章中，我们将用户的公平关切纳入到双边市场的研究当中。并且在现实中，市场参与的主体有谎报成本和公平性的动机。作为双边市场的主导者为了获得更多的利润，有很大的动机误报自己的质量努力的成本，作为双边市场的主要参与者，用户可能会虚报其对公平性的关注。这都会导致了信息不对称的情况。本文的研究内容主要是以不同信息水平下的双边平台作为研究对象，针对用户出现的公平关切为切入点，分别研究了信息对称竞争市场、信息不对称竞争市场的网络货运平台的定价决策问题。本研究以信息水平和公平关切两个维度，来分析平台和用户的行为因素以及双边市场的信息价值对平台运营决策的影响机理，旨在为双边平台的运营决策提供一定的参考建议。具体得出以下结论。

(1) 在信息对称竞争性双边市场。我们综合了货运平台的匹配率和双边用户的公平关切心理，构建了基于 Hotelling 定价竞争模型。我们得出了一些重要结论。首先，公平关切和进入价值都会影响平台的定价倾斜，这为识别平台的倾斜定价策略提供了理论基础，揭示了双边市场中有关公平关切的定价机制。其次，用户的公平关切会损害平台的匹配效率，但不一定会损害平台的盈利能力，平台的盈利受单位盈余和公平关切的影响。最后，平台对双边用户的定价决策很好地诠释了“不患寡而患不均”的观点。当只有一方用户进行公平关切时，他们担心的是公平关切的稀缺性和自身的大小。然而，当双边用户追求公平关切时，他们更关心的是从公平关切水平的差异中得出的差距。在实践中，“不患寡而患不均”

的观点可以指导物流平台的管理者，使他们能够充分捕捉和利用用户心理，实施适当的定价策略。因此，我们的研究结果对双边平台的运营策略在理论和实践上都具有一定的参考价值。

(2) 在信息不对称竞争性双边市场。本文从信息不对称的两个维度出发，构建了竞争性双边平台的四个决策模型。我们还探讨了平台的最优质量努力水平和定价策略，并讨论了两类信息值如何影响平台的最优决策。我们的主要发现提出了以下重要结论。首先，本研究将两种信息误报行为纳入了双面市场的研究。我们发现用户的 FCM 会导致平台定价的非中立性，即平台会采取偏向于误报公平性一方的倾斜定价策略。其次，平台的 QECM 和用户的 FCM 都会导致双边市场潜在的道德风险问题。换言之，两类信息的误报都会削弱平台的质量努力水平。这些现象的揭示为平台运营管理者 and 市场监管者提供了有益的管理启示。这为平台可持续运营的管理实践和监管手段提供了新的视角。最后，平台和买家的虚报行为都是“损人利己”的表现。具体来说，平台利用自身的信息价值提高收益，损害双边用户的利益。与此同时，用户利用信息价值让平台降低价格的行为总是以牺牲双边市场中另一方的利益为代价。因此，平台和用户都应努力如实报告自己的信息水平，以促进双边系统的健康稳定发展。

5.2 研究展望

尽管我们探讨了双边市场中公平性问题和两种不对称信息的影响机理，一些有用的结论已经被发现了，对网络货运平台的运营也提供了一定的管理启示。但仍然有一些局限性和未来的拓展方向值得深思。我们总结了几个潜在的研究方向。

(1) 首先，我们的模型是在静态背景下获得的。然而，一些双边平台采用的是两阶段动态定价策略。因此，我们可以考虑在未来研究动态竞争背景下的公平行为。

(2) 其次，我们的模型只引入了双边用户的对等公平性，却忽略了平台与用户之间的利润分配差距所带来的分配公平性问题。未来，可以将这种纵向公平问题纳入模型，从而得出更有价值的结论。

(3) 再者，平台对用户的价格信息保密，用户获得的市场价格信息是不完全的。因此，我们可以考虑研究在不完全信息下，有公平关切的用户行为对平台定价策略的影响机制。

(4) 最后，我们的研究只关注一方用户的误报行为。今后可以扩展到双方的虚报行为。此外，当平台企业与传统线下渠道同时存在时，有关公平问题的信息在双边市场中扮演何种角色这一主题也值得研究。

参考文献

- [1]王志宏,傅长涛.用户不同归属行为下货运共享平台的定价策略研究[J].管理学报,2019,16(07):1081-1087.
- [2]Wang Z, Li Y, Gu F, et al. Two-sided matching and strategic selection on freight resource sharing platforms[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2020, 559: 125014.
- [3]Zhang Y, Li X, Ma H. Can Ride-Hailing Platforms be Immune to Dual-Fairness Concerns?[J]. IEEE Transactions on Engineering Management, 2021,70(3): 1124-1146.
- [4]谭春桥,吴欣,周丽.考虑公平关切的 O2O 模式下物流服务供应链定价策略博弈分析[J].运筹与管理,2021,30(09):80-85+151.
- [5]Tian R, Wang C, Ma Z, et al. Research on vehicle-cargo matching algorithm based on improved dynamic Bayesian network[J]. Computers & Industrial Engineering, 2022, 168: 108039.
- [6]Zhang Z J, Wang P, Wan M, et al. Supply chain decisions and coordination under the combined effect of overconfidence and fairness concern[J]. Complexity, 2020: 1-16.
- [7]Armstrong M. Competition in two-sided markets[J]. The RAND journal of economics, 2006, 37(3): 668-691.
- [8]Abdellaoui M, Bleichrodt H, Paraschiv, C. Loss aversion under prospect theory: A parameter-free measurement[J]. Management Science, 2007,53(10): 1659-1674.
- [9]Li J, Zhang Y. The side with larger network externality should be targeted aggressively? Monopoly pricing, reference price and two-sided markets[J]. Electronic Commerce Research and Applications, 2020, 43: 100995.
- [10]Hanh N T M, Chen J M, Van Hop N. Pricing strategy and order quantity allocation with price-sensitive demand in three-echelon supply chain[J]. Expert Systems with Applications, 2022,206: 117873.
- [11]Xia L, Monroe K B, Cox J L. The price is unfair! A conceptual framework of price fairness perceptions[J]. Journal of marketing, 2004, 68(4): 1-15.
- [12]Campbell M C. Perceptions of price unfairness: Antecedents and consequences[J]. Journal of Marketing Research, 1999,36(2): 187-199.

- [13]Weiner B. An attributional theory of achievement motivation and emotion[J]. Psychological Review, 1985, 92(4): 548-573.
- [14]Oliver R L, Swan J E. Consumer perceptions of interpersonal equity and satisfaction in transactions: A field survey approach[J]. Journal of Marketing, 1989,53(2): 21-35.
- [15]Folkes V S, Koletsky S, Graham J L. A field study of causal inferences and consumer reaction: The view from the airport[J]. Journal of Consumer Research, 1987,13(4): 534-539
- [16]Storm C, Storm T. A taxonomic study of the vocabulary of emotions[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1987,53(4): 805-816.
- [17]Fehr E, Schmidt K M. A theory of fairness, competition, and cooperation[J]. The quarterly journal of economics, 1999, 114(3): 817-868.
- [18]杜少甫,杜婵,梁樑,刘天卓.考虑公平关切的供应链契约与协调[J].管理科学学报,2010,13(11):41-48.
- [19]杜少甫,朱贾昂,高冬,杜婵.Nash 讨价还价公平参考下的供应链优化决策[J].管理科学学报,2013,16(03):68-72+81.
- [20]Kahneman D, Knetsch J L, Thaler R. Fairness as a constraint on profit seeking: Entitlements in the market[J]. The American economic review, 1986: 728-741.
- [21]Hu Z, Chen X, Hu P. Technical note—dynamic pricing with gain-seeking reference price effects [J]. Operations Research, 2016, 64(1): 150-157.
- [22]Zha Y, Zhang L, Xu C, et al. A two - period pricing model with intertemporal and horizontal reference price effects[J]. International Transactions in Operational Research, 2018, 28(3): 1417-1440.
- [23]张露.考虑参考价格效应和策略型消费者行为的定价策略研究[D].中国科学技术大学,2019.
- [24]李静,张玉林.考虑用户信息水平与参照价格的平台定价策略[J].北京理工大学学报(社会科学版),2019,21(06):90-96.
- [25]Li K J, Jain S. Behavior-based pricing: An analysis of the impact of peer-induced fairness[J]. Management Science, 2016, 62(9): 2705-2721.
- [26]Qu S, Shu L, Yao J. Optimal pricing and service level in supply chain considering misreport behavior and fairness concern[J]. Computers & Industrial Engineering, 2022, 174: 108759.

- [27]Vosooghizaji M, Taghipour A, Canel-Depitre B. Supply chain coordination under information asymmetry: a review[J]. *International Journal of Production Research*, 2020, 58(6): 1805-1834.
- [28]Wang Q, Chen K, Wang S, et al. Optimal decisions in a closed-loop supply chain: fairness concerns, corporate social responsibility and information value[J]. *Annals of Operations Research*, 2022, 309(1): 277-304.
- [29]刘家国,张鑫,李健.需求不确定环境下零售商公平偏好机制与行为策略研究[J]. *系统工程理论与实践*,2021,41(7):1794-1805.
- [30]Zhu Y, Chen Y, Wang X, et al. Procedural fairness concern in tourism supply chain: The case of a dominant OTA and a sustainable hotel[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2023, 176:108919.
- [31]王玉燕,梁佳平.电商平台公平关切下电商闭环供应链的回收决策[J].*控制与决策*,2019,34(10):2237-2242.
- [32]Wang Y, Fan R, Shen L, et al. Decisions and coordination of green e-commerce supply chain considering green manufacturer's fairness concerns[J]. *International Journal of Production Research*, 2020, 58(24): 7471-7489.
- [33]Rochet J C, Tirole J. Two-sided markets: A progress report[J]. *The RAND Journal of Economics*, 2006, 37(3): 645-667.
- [34]Rochet J C, Tirole J. Platform competition in two-sided markets[J]. *Journal of the European Economic Association*, 2003, 1(4), 990-1029.
- [35]华中生.网络环境下的平台服务及其管理问题[J].*管理科学学报*,2013, 16(12): 1-12.
- [36]Caillaud B, Jullien B. Chicken & egg: Competition among intermediation service providers[J]. *The RAND Journal of Economics*, 2003, 34(2): 309-328.
- [37]Amelio A, Jullien B. Tying and freebies in two-sided markets[J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2012, 30(5): 436-446.
- [38]Evans D S. Some empirical aspects of multi-sided platform industries[J]. *Review of Network Economics*, 2003, 2(3): 191-209.
- [39]Roson R. Two-sided markets: A tentative survey[J]. *Review of Network Economics*, 2005, 4(2): 142-160.
- [40]唐方成,郭欢.考虑交叉网络外部性下平台竞争的定价策略研究[J/OL].*中国管理科学*:1-20[2022-12-01].DOI:10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.0703.
- [41]Parker G G, Van Alstyne M W. Two-sided network effects: A theory of

- p>information product design[J]. Management Science, 2005, 51 (10), 1494-1504.
- [42]Basaure A, Vesselkov A, Töyli J. Internet of things (IoT) platform competition: Consumer switching versus provider multihoming[J]. Technovation, 2020, 90: 102101.
- [43]Sun M, Tse E. When does the winner take all in two-sided markets? [J]. Review of Network Economics, 2007, 6(1): 16-40.
- [44]Aoyagi, M. Bertrand competition under network externalities[J]. Journal of Economic Theory, 2018, 178: 517-550.
- [45]Rietveld J. Schilling, M. A. Platform competition: A systematic and interdisciplinary review of the literature[J]. Journal of Management, 2021, 47(6): 1528-1563.
- [46]Armstrong M, Wright J. Two-sided markets, competitive bottlenecks and exclusive contracts[J]. Economic Theory, 2007, 32(2): 353-380.
- [47]Kung L C, Zhong G Y. The optimal pricing strategy for two-sided platform delivery in the sharing economy[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2017, 101: 1-12.
- [48]Li J, Zheng Y, Dai B, et al. Implications of matching and pricing strategies for multiple-delivery-points service in a freight O2O platform[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2020, 136: 101871.
- [49]Wu T, Zhang M, 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.
- [50]Kim G, Wang W, Ha H K. Pricing strategy for own shipping service of e-commerce platform using two-sided market theory[J]. Electronic Commerce Research and Applications, 2021, 49: 101088.
- [51]Zhang Z, Xu H, Chen K, et al. Channel mode selection for an e-platform supply chain in the presence of a secondary marketplace[J]. European Journal of Operational Research, 2023, 305(3): 1215-1235.
- [52]Zhu X, Yang C, Liu K, et al. Cooperation and decision making in a two-sided market motivated by the externality of a third-party social media platform[J]. Annals of Operations Research, 2021, 316(1): 117-142.
- [53]Dou G, He P, Xu X. 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.

- [54]Huang P, Lyu G, Xu Y. Quality regulation on two-sided platforms: exclusion, subsidization, and first-party applications[J]. Management Science, 2022, 68(6): 4415-4434.
- [55]Liu W, Yan X, Wei W, et al. Pricing decisions for service platform with provider's threshold participating quantity, value-added service and matching ability[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2019, 122: 410-432.
- [56]Fan Z P, Li M Y, Zhang X. Satisfied two-sided matching: a method considering elation and disappointment of agents[J]. Soft Computing, 2018, 22(21): 7227-7241.
- [57]Gale D, Shapley L S. College admissions and the stability of marriage[J]. The American Mathematical Monthly, 1962, 120(5): 386-391.
- [58]Wang X, Agatz N, Erera A. Stable matching for dynamic ride-sharing systems[J]. Transportation Science, 2018, 52(4): 850-867.
- [59]贾兴洪,海峰,董瑞.车货匹配双边平台单归属用户比率提升控制设计[J].计算机集成制造系统,2017,23(04):903-912.
- [60]桂云苗,程静,龚本刚.不同信息策略下竞争型网络货运平台定价研究[J].中国管理科学,2023,31(05):176-186.
- [61]De Arruda Junior A C, Weigang L, Milea V. A new airport collaborative decision making algorithm based on deferred acceptance in a two-sided market[J]. Expert Systems with Applications, 2015, 42(7): 3539-3550.
- [62]Wang X, He F, Yang H, et al. Pricing strategies for a taxi-hailing platform. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2016, 93: 212-231.
- [63]Yue Q, Li Y. Two-sided matching considering the preferences of agents and intermediary[J]. Comput Model New Technol, 2014, 18(11): 832-835.
- [64]Li M Y, Fan Z P, Li B, et al. A matching method for second-hand goods exchange considering loss aversion of buyer and seller in e-brokerage[J]. Soft Computing, 2021, 25: 7041-7057.
- [65]Pu D, Yuan G. Two-sided matching model considering multi-information fusion of stakeholders[J]. Expert Systems with Applications, 2023, 212: 118784.
- [66]Deng J, Zhang H, Wei S. Prediction of vehicle-cargo matching probability based on dynamic Bayesian network[J]. International Journal of Production Research,

- 2020, 59(17): 5164-5178.
- [67]Guo J, Zhang J, Cheng T C E, et al. Truthful double auction mechanisms for online freight platforms with transaction costs[J]. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2022, 158: 164-186.
- [68]Qin F, Mai F, Fry M J, et al. Supply-chain performance anomalies: Fairness concerns under private cost information[J]. *European Journal of Operational Research*, 2016, 252(1): 170-182.
- [69]Croson R T. Information in ultimatum games: An experimental study[J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 1996, 30(2): 197-212.
- [70]Katok E. Laboratory experiments in operations management[J]. In *INFORMS TutORials in Operations Research*, 2011: 15-35.
- [71]Cui T H, Raju J S, Zhang Z J. Fairness and channel coordination[J]. *Management science*, 2007, 53(8): 1303-1314.
- [72]Nie T, Du S. Dual-fairness supply chain with quantity discount contracts[J]. *European Journal of Operational Research*, 2017, 258(2): 491-500.
- [73]杨丽芳,周永务,曹彬.基于公平关切行为下双渠道供应链中制造商的融资策略研究[J/OL].*管理学报*: 1-12 [2022-12-01]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1725.c.20221011.0900.012.html>
- [74]丁雪峰,魏芳芳,但斌.零售商公平关切下闭环供应链定价与协调机制[J].*计算机集成制造系统*,2014,20(06):1471-1480.
- [75]Du S, Wei L, Zhu Y, et al. Peer-regarding fairness in supply chain[J]. *International Journal of Production Research*, 2016, 56(10): 3384-3396.
- [76]Liu W, Wang D, Shen X, et al. The impacts of distributional and peer-induced fairness concerns on the decision-making of order allocation in logistics service supply chain[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2018, 116: 102-122.
- [77]Kahneman D, Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk[J]. *Econometrica*, 1979, 47(2): 263-292.
- [78]Ho T H, Su X, Wu Y. Distributional and peer-induced fairness in supply chain contract design[J]. *Production and Operations Management*, 2013, 23(2): 161-175.
- [79]赵燕飞,王勇,文悦等.需求信息不对称下考虑公平关切的供应链产品定价决策研究[J]. *管理学报*,2021,18(6):919-928.

- [80]Katok E, Olsen T, Pavlov V. Wholesale pricing under mild and privately known concerns for fairness[J]. *Production and Operations Management*, 2014, 23(2): 285-302.
- [81]Pavlov V, Katok E. Fairness and coordination failures in supply chain contracts[J]. 2011: Available at SSRN 2623821.
- [82]Yao D Q, Yue X, Liu J. Vertical cost information sharing in a supply chain with value-adding retailers[J]. *Omega*, 2008, 36(5): 838-851.
- [83]Liu W, Shen X, Wang D, et al. Service quality guarantee design: obedience behavior, demand updating and information asymmetry[J]. *Annals of Operations Research*, 2020: 1-33.
- [84]Ruiz-Benitez R, Muriel A. Consumer returns in a decentralized supply chain[J]. *International Journal of Production Economics*, 2014, 147: 573-592.
- [85]Tang J, Li B Y, Li K W, et al. Pricing and warranty decisions in a two-period closed-loop supply chain[J]. *International Journal of Production Research*, 2020, 58(6): 1688-1704.
- [86]Wu C C, Chou C Y, Huang C. Optimal price, warranty length and production rate for free replacement policy in the static demand market[J]. *Omega*, 2009, 37(1): 29-39.
- [87]Yoo S H. Product quality and return policy in a supply chain under risk aversion of a supplier[J]. *International Journal of Production Economics*, 2014, 154: 146-155.
- [88]Casadesus-Masanell R, Llanes G. Investment incentives in proprietary and open-source two-sided platforms. 2012:Harvard Business School.
- [89]桂云苗,龚本刚,程永宏.双边努力情形下电子商务平台质量保证策略研究[J]. *中国管理科学*,2018,26(01):163-169.
- [90]Gajewska T, Zimon D, Kaczor G, et al. The impact of the level of customer satisfaction on the quality of e-commerce services[J]. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 2020, 69(4): 666-684.
- [91]Kim J H, Prince J, Qiu C. Indirect network effects and the quality dimension: A look at the gaming industry[J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2014, 37: 99-108.
- [92]Wen X, Siqin T. How do product quality uncertainties affect the sharing economy platforms with risk considerations? A mean-variance analysis[J]. *International*

- Journal of Production Economics, 2020, 224: 107544.
- [93]Nikoofal M E, Gümüş M. Supply diagnostic incentives under endogenous information asymmetry[J]. Production and Operations Management, 2019, 28(3): 588-609.
- [94]Inderfurth K, Sadrieh A, Voigt G. The impact of information sharing on supply chain performance under asymmetric information[J]. Production and Operations Management, 2013, 22(2): 410-425.
- [95]Liu M, Zhao Y, Huang R, et al. Vertical value-added cost information sharing in a supply chain[J]. Annals of Operations Research, 2021: 1-34.
- [96]Qin Y, Shao Y. Supply chain decisions under asymmetric information with cost and fairness concern[J]. Enterprise Information Systems, 2019, 13(10): 1347-1366.
- [97]李剑,易兰,肖瑶.信息不对称下基于区块链驱动的供应链减排信息共享机制研究[J].中国管理科学,2021,29(10):131-139.
- [98]Li L, Zhang H. Confidentiality and information sharing in supply chain coordination[J]. Management science, 2008, 54(8): 1467-1481.
- [99]Sahin F, Robinson E P. Flow coordination and information sharing in supply chains: Review, implications, and directions for future research[J]. Decision Sciences,2002, 33(4) : 505-536
- [100]Li X, Cui X, Li Y, et al. Optimisation of reverse supply chain with used-product collection effort under collector's fairness concerns[J]. International Journal of Production Research, 2021, 59(2): 652-663.
- [101]Li X, Chen J, Ai X. Contract design in a cross-sales supply chain with demand information asymmetry[J]. European Journal of Operational Research, 2019, 275(3): 939-956.
- [102]Ji G J, D Wang. Supply chain decision making of competitive manufacturers under multilateral information asymmetry[J]. Statistics and Decision,2016, 15 (20): 47-51
- [103]Mobini Z, van den Heuvel W, Wagelmans A. Designing multi-period supply contracts in a two-echelon supply chain with asymmetric information[J]. European Journal of Operational Research, 2019, 277(2): 542-560.
- [104]Lu H, Li L, Zhao X, et al. A model of integrated regional logistics hub in supply chain[J]. Enterprise Information Systems, 2018, 12(10): 1308-1335.

- [105]Rochet J C, Tirole J. Two-sided markets: An overview[J]. Institutd' Economie Industrielle working paper, 2004:1-44.
- [106]Hagiu A, Halaburda H. Information and two-sided platform profits[J]. International Journal of Industrial Organization, 2014, 34: 25-35.
- [107]Bakos Y, Halaburda H. Platform competition with multihoming on both sides: Subsidize or not? [J]. Management Science, 2020, 66(12): 5599-5607.
- [108]Li S, Liu Y, Bandyopadhyay S. Network effects in online two-sided market platforms: A research note[J]. Decision Support Systems, 2010, 49(2): 245-249.
- [109]Cennamo C, Santalo J. Platform competition: Strategic trade-offs in platform markets[J]. Strategic Management Journal, 2013, 34(11): 1331-1350.
- [110]Rohlf J. A theory of interdependent demand for a communications service[J]. The Bell Journal of Economics and Management Science, 1974, 5(1): 16-37.
- [111]Chen Y, Cui T H. The benefit of uniform price for branded variants[J]. Marketing Science, 2013, 32(1): 36-50.
- [112]Ho T H, Su X. Peer-induced fairness in games. American Economic Review[J], 2009, 99(5): 2022-2049.
- [113]韩同银,刘丽,金浩.考虑政府补贴和公平关切的双渠道绿色供应链决策研究[J].中国管理科学,2022,30(04):194-204.
- [114]Dou G, Lin X, Chi R, et al. Pricing strategy of a two-sided platform under consumer categorization[J]. Journal of Electronic Commerce Research, 2020, 21(2): 130-143.
- [115]Mortensen D T, Pissarides C A. Job creation and job destruction in the theory of unemployment[J]. The Review of Economic Studies, 1994, 61(3): 397-415.
- [116]Tversky A, Kahneman D. Loss aversion in riskless choice: A reference-dependent model[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1991, 106(4): 1039-1061.
- [117]Adams J S. Inequity in social exchange[J]. Advances in Experimental Social Psychology, 1965, 2: 267-299.
- [118]Duesenberry J S. Income, saving, and the theory of consumer behavior. Cambridge, 1949: MA: Harvard University Press.
- [119]Farrell J, Saloner G. Installed base and compatibility: Innovation, product preannouncements, and predation[J]. The American Economic Review, 1986,

76(5): 940-955.

- [120]Katz M L, Shapiro C. Network externalities, competition, and compatibility[J]. The American Economic Review, 1985, 75(3): 424-440.
- [121]Hagiu A, Spulber D. First-party content and coordination in two-sided markets[J]. Management Science, 2013, 59(4): 933-949.
- [122]Shu L, Qu S, Wu Z. Supply chain coordination with optimal pricing and logistics service decision in online retailing[J]. Arabian Journal for Science and Engineering, 2020, 45(3): 2247-2261.
- [123]Dou G, He P. 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.
- [124]Zhang X, Sui R, Dan B, et al. Bilateral value-added services and pricing strategies of the third-party platform considering the cross-network externality[J]. Computers & Industrial Engineering, 2021, 155:107196.
- [125]Yang S J S, Anderson E J. Competition through capacity investment under asymmetric existing capacities and costs[J]. European Journal of Operational Research, 2014, 237(1): 217-230.
- [126]Jiang B, Tian L, Xu Y, et al. To share or not to share: Demand forecast sharing in a distribution channel[J]. Marketing Science, 2016, 35(5) : 800-809.
- [127]Yan B, Wang T, Liu Y P, et al. Decision analysis of retailer-dominated dual-channel supply chain considering cost misreporting[J]. International Journal of Production Economics, 2016, 178: 34-41.
- [128]Rochet J C, Tirole J. Cooperation among competitors: Some economics of payment card associations[J]. The RAND Journal of Economics, 2002, 33(4): 549-570.

附录

附录 1 证明过程

定理 3.1 的证明

证明：通过关联双边用户的效用函数，得到双边用户的无差别点为：

$$m^* = \frac{t - p_{b1} + p_{b2} + \alpha_b (n_{s1} - n_{s2}) + \beta (\rho_1 - \rho_2)}{2t}, \quad l^* = \frac{f - p_{s1} + p_{s2} + \alpha_s (n_1 - n_{b2}) + \beta (\rho_1 - \rho_2)}{2f}.$$

我们可以推导出双边用户的规模如下： $n_{b1} = m^*$, $n_{b2} = 1 - m^*$, $n_{s1} = l^*$, $n_{s2} = 1 - l^*$ 。

通过求解上述方程，我们可以得到：

$$\begin{aligned} n_{b1} &= \frac{ft + f(p_{b2} - p_{b1}) - \alpha_b (p_{s1} - p_{s2} + \alpha_s) + \beta(f + \alpha_b)(\rho_1 - \rho_2)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)}, \\ n_{b2} &= \frac{ft + f(p_{b1} - p_{b2}) + \alpha_b (p_{s1} - p_{s2} - \alpha_s) + \beta(f + \alpha_b)(\rho_2 - \rho_1)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)}, \\ n_{s1} &= \frac{ft + t(p_{s2} - p_{s1}) - \alpha_s (p_{b1} - p_{b2} + \alpha_b) + \beta(t + \alpha_s)(\rho_1 - \rho_2)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)}, \\ n_{s2} &= \frac{ft + t(p_{s1} - p_{s2}) + \alpha_s (p_{b1} - p_{b2} - \alpha_b) + \beta(t + \alpha_s)(\rho_2 - \rho_1)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)}. \end{aligned}$$

基于平台利润函数： $\pi_i = p_{bi}n_{bi} + p_{si}n_{si} - \frac{1}{2} \rho_i^2 c$ ，我们从价格和匹配率的角度建立利润函数的方程。我们分别计算利润函数关于价格和匹配率的一阶偏导数，可以得到以下方程：

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_1}{\partial p_{b1}} &= \frac{ft + f(p_{b2} - 2p_{b1}) + \alpha_b (p_{s2} - p_{s1}) - \alpha_s (p_{s1} + \alpha_b) + \beta(f + \alpha_b)(\rho_1 - \rho_2)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)}, \\ \frac{\partial \pi_1}{\partial p_{s1}} &= \frac{ft + t(p_{s2} - 2p_{s1}) + \alpha_s (p_{b2} - \alpha_b) - p_{b1}(\alpha_b + \alpha_s) + \beta(t + \alpha_s)(\rho_1 - \rho_2)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)}, \\ \frac{\partial \pi_1}{\partial \rho_1} &= \frac{\beta[p_{b1}(f + \alpha_b) + p_{s1}(t + \alpha_s)]}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)} - c \rho_1, \\ \frac{\partial \pi_2}{\partial p_{b2}} &= \frac{ft + f(p_{b1} - 2p_{b2}) + \alpha_b (p_{s1} - p_{s2}) - \alpha_s (p_{s2} + \alpha_b) + \beta(f + \alpha_b)(\rho_2 - \rho_1)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)}, \\ \frac{\partial \pi_2}{\partial p_{s2}} &= \frac{ft + t(p_{s1} - 2p_{s2}) + \alpha_s (p_{b1} - \alpha_b) - p_{b2}(\alpha_b + \alpha_s) + \beta(t + \alpha_s)(\rho_2 - \rho_1)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)}, \\ \frac{\partial \pi_2}{\partial \rho_2} &= \frac{\beta[p_{b2}(f + \alpha_b) + p_{s2}(t + \alpha_s)]}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)} - c \rho_2. \end{aligned}$$

对应的 Hessian 矩阵为：

$$H = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial p_{bi}^2} & \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial p_{bi} \partial p_{si}} & \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial p_{bi} \partial \rho_i} \\ \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial p_{si} \partial p_{bi}} & \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial p_{si}^2} & \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial p_{si} \partial \rho_i} \\ \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial \rho_i \partial p_{bi}} & \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial \rho_i \partial p_{si}} & \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial \rho_i^2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{-f}{ft - \alpha_b \alpha_s} & \frac{-(\alpha_b + \alpha_s)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)} & \frac{\beta(f + \alpha_b)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)} \\ \frac{-(\alpha_b + \alpha_s)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)} & \frac{-t}{ft - \alpha_b \alpha_s} & \frac{\beta(t + \alpha_s)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)} \\ \frac{\beta(f + \alpha_b)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)} & \frac{\beta(t + \alpha_s)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)} & -c \end{pmatrix}。 当$$

Hessian 矩阵为负定时,可以得到: $|H_1| = \frac{-f}{ft - \alpha_b \alpha_s} < 0$, $|H_2| = \frac{4ft - (\alpha_b + \alpha_s)^2}{4(ft - \alpha_b \alpha_s)^2} > 0$,
 $|H_3| = \frac{-4cft + \beta^2(f+t) + (\alpha_b + \alpha_s)[\beta^2 + c(\alpha_b + \alpha_s)]}{4(t - \alpha_b \alpha_s)^2} < 0$ 。 则此条件可得出 $t > \frac{\beta^2}{4c}$ 和
 $f > \frac{\beta^2(t + \alpha_b + \alpha_s) + c(\alpha_b + \alpha_s)^2}{4ct - \beta^2}$ 。

通过求解平台利润函数对价格和匹配率的一阶偏导数等于 0, 可以计算出平台的定价、匹配率和利润为: $p_{b1}^{N*} = p_{b2}^{N*} = t - \alpha_s$, $p_{s1}^{N*} = p_{s2}^{N*} = f - \alpha_b$, $\rho_1^{N*} = \rho_2^{N*} = \frac{\beta}{c}$ 和 $\pi_1^{N*} = \pi_2^{N*} = \frac{cf + ct - \beta^2 - c\alpha_b - c\alpha_s}{2c}$ 。证毕。

定理 3.2 的证明

证明: 当只有一方用户追求公平关切时, 证明过程与定理 3.1 相同。这里我们得到, 情形 R 下的最优定价、匹配率和平台利润为: $p_{b1}^{R*} = p_{b2}^{R*} = \frac{t}{1+2\lambda} - \alpha_s$,
 $p_{s1}^{R*} = p_{s2}^{R*} = f - \frac{\alpha_b}{1+2\lambda}$, $\rho_1^{R*} = \rho_2^{R*} = \frac{\beta(1+\lambda)}{c(1+2\lambda)}$ 和
 $\pi_1^{R*} = \pi_2^{R*} = -\frac{\beta^2 h_3^2 - ch_2(t + fh_2) + ch_2(\alpha_b + h_2 \alpha_s)}{2ch_2^2}$, 其中 $h_2 = 1 + 2\lambda$, $h_3 = 1 + \lambda$ 。证毕。

命题 3.2 的证明

证明: 基于我们在定理 3.2 中所导出的最优定价和匹配率, 我们计算公平关切参数 λ 的偏导数, 相应的, 我们得到下面的结论: $\frac{\partial p_{b1}^{R*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial p_{b2}^{R*}}{\partial \lambda} = -\frac{2t}{(1+2\lambda)^2}$,
 $\frac{\partial p_{s1}^{R*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial p_{s2}^{R*}}{\partial \lambda} = \frac{2\alpha_b}{(1+2\lambda)^2}$ 以及 $\frac{\partial \rho_1^{R*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial \rho_2^{R*}}{\partial \lambda} = -\frac{\beta}{c(1+2\lambda)^2}$ 。因为 $0 \leq \lambda \leq 1$, $\alpha_b > 0$ 以及 $\beta > 0$, 所以命题 3.2 被证明是成立的。证毕。

从上面的分析中, 我们可以得出这样的结论: 用户的公平关切会导致平台价格向双边用户倾斜。双边用户定价如何影响平台用户数量的结果如下。在定理 3.2 中, 双边用户的规模表示为:

$$n_{b1} = \frac{ft + f(1+2\lambda)(p_{b2} - p_{b1}) - \alpha_b(p_{s1} - p_{s1} + \alpha_s) + \beta(f + \alpha_b)(\rho_1 - \rho_2)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)},$$

$$n_{b2} = \frac{ft + f(1+2\lambda)(p_{b1} - p_{b2}) + \alpha_b(p_{s1} - p_{s1} + \alpha_s) + \beta(f + \alpha_b)(\rho_2 - \rho_1)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)},$$

$$n_{s1} = \frac{ft - t(p_{s2} - p_{s1}) - \alpha_s[(1+2\lambda)(p_{b1} - p_{b2}) + \alpha_b] + \beta(t + \alpha_s)(\rho_1 - \rho_2)}{2(ft - \alpha_b \alpha_s)},$$

$$n_{s2} = \frac{ft+t(p_{s1}-p_{s2})-\alpha_s[(1+2\lambda)(p_{b1}-p_{b2})-\alpha_b]+\beta(t+\alpha_s)(\rho_2-\rho_1)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)}.$$

通过上述方程能够得到 (1)、(2)：

$$\frac{\partial n_{bi}}{\partial p_{bi}} = -\frac{f(1+2\lambda)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)} < 0, \quad \frac{\partial n_{si}}{\partial p_{si}} = -\frac{t}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)} < 0; \quad (1)$$

$$\frac{\partial n_{bi}}{\partial p_{si}} = -\frac{\alpha_b}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)} < 0, \quad \frac{\partial n_{si}}{\partial p_{bi}} = -\frac{(1+2\lambda)\alpha_s}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)} < 0. \quad (2)$$

一般来说，目前绝大多数网络货运平台对双边用户收取固定费用，很少有平台不收费。也就是说，在实践中，平台对双边用户的定价是大于零的 ($p_{bi} > 0$, $p_{si} > 0$)，我们可以推断 $p_{bi}^{R*} = \frac{t}{1+2\lambda} - \alpha_s > 0$ ，且 $p_{si}^{R*} = f - \frac{\alpha_b}{1+2\lambda} > 0$ 。由方程 (1)

和 (2) 得出以下结论： $\frac{\partial n_{bi}}{\partial p_{bi}} - \frac{\partial n_{bi}}{\partial p_{si}} = \frac{\alpha_b - f(1+2\lambda)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)} = \frac{\frac{\alpha_b}{1+2\lambda} - f}{\frac{2(ft-\alpha_b\alpha_s)}{1+2\lambda}} < 0$ ， $\frac{\partial n_{si}}{\partial p_{bi}} - \frac{\partial n_{si}}{\partial p_{si}} =$

$$\frac{t-(1+2\lambda)\alpha_s}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)} = \frac{\frac{t}{1+2\lambda} - \alpha_s}{\frac{2(ft-\alpha_b\alpha_s)}{1+2\lambda}} > 0。进一步，我们得到 $\frac{\partial n_{bi}}{\partial p_{bi}} < \frac{\partial n_{bi}}{\partial p_{si}} < 0$ ，则 $\left|\frac{\partial n_{bi}}{\partial p_{bi}}\right| > \left|\frac{\partial n_{bi}}{\partial p_{si}}\right|$ 。$$

因此，出于公平关切而导致的 p_{bi} 下降一个单位所导致的 n_{bi} 的变化大于 p_{si} 增加一个单位所导致的 n_{bi} 的变化。同样的，由此可见 $\left|\frac{\partial n_{si}}{\partial p_{bi}}\right| < \left|\frac{\partial n_{si}}{\partial p_{si}}\right|$ 。最终，我们证明了一方用户单位价格的变化对其自身规模的影响大于另一方用户数量的影响。证毕。

命题 3.3 的证明

证明：与命题 3.2 的证明类似，我们利用场景 R 下具有公平关切参数 λ 的最优利润函数的偏导数，得到： $\frac{\partial \pi_1^{R*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial \pi_2^{R*}}{\partial \lambda} = \frac{\beta^2(1+\lambda)+c(1+2\lambda)(\alpha_b-t)}{c(1+2\lambda)^3}$ 。当 $\frac{\partial \pi_1^{R*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial \pi_2^{R*}}{\partial \lambda} > 0$ 时，解得 $\alpha_b - t > -\frac{\beta^2(1+\lambda)}{c(1+2\lambda)}$ ，且受定理 3.2 的条件约束，我们可以得到 $t > \frac{\beta^2}{4ch_2}$ ，进一步得到 $\alpha_b - t < -\frac{\beta^2}{4ch_2} + \alpha_b$ 。以上结果最终可以总结为：当 $-\frac{\beta^2(1+\lambda)}{c(1+2\lambda)} < \alpha_b - t < -\frac{\beta^2}{4ch_2} + \alpha_b$ ，则 $\frac{\partial \pi_1^{R*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial \pi_2^{R*}}{\partial \lambda} > 0$ ；当 $\alpha_b - t \leq -\frac{\beta^2(1+\lambda)}{c(1+2\lambda)}$ 时，则 $\frac{\partial \pi_1^{R*}}{\partial \lambda} = \frac{\partial \pi_2^{R*}}{\partial \lambda} < 0$ 。证毕。

命题 3.4 的证明

证明：以下结果是通过对比不同情形下平台对货主的定价得出的。

$p_b^{R*} - p_b^{N*} = -\frac{2t\lambda}{1+2\lambda} < 0$ ， $p_b^{T*} - p_b^{R*} = \frac{2\theta\alpha_s}{1+2\theta} > 0$ ， $p_b^{T*} - p_b^{S*} = -\frac{2t\lambda}{1+2\lambda} < 0$ 。因为 $p_b^{T*} - p_b^{N*} = -\frac{2t\lambda}{1+2\lambda} + \frac{2\theta\alpha_s}{1+2\theta}$ ，当 $p_b^{T*} - p_b^{N*} > 0$ 时，我们可以解出 $0 \leq \lambda < \frac{\theta\alpha_s}{t+2\theta(t-\alpha_s)}$ ；当 $p_b^{T*} - p_b^{N*} \leq 0$ ，我们可以推出 $\frac{\theta\alpha_s}{t+2\theta(t-\alpha_s)} \leq \lambda \leq 1$ 。因此，我们最终得到，当 $0 \leq \lambda < \frac{\theta\alpha_s}{t+2\theta(t-\alpha_s)}$ 时， $p_b^{R*} \leq p_b^{N*} < p_b^{T*} \leq p_b^{S*}$ 。当 $\frac{\theta\alpha_s}{t+2\theta(t-\alpha_s)} \leq \lambda \leq 1$ 时， $p_b^{R*} \leq p_b^{T*} \leq p_b^{N*} \leq p_b^{S*}$ 。同样，我们将平台定价与车主进行比较： $p_s^{R*} - p_s^{N*} = \frac{2\lambda\alpha_b}{1+2\lambda} > 0$ ，

$p_s^{T^*} - p_s^{R^*} = -\frac{2f\theta}{1+2\theta} < 0$, $p_s^{T^*} - p_s^{S^*} = \frac{2\lambda\alpha_b}{1+2\lambda} > 0$, $p_s^{T^*} - p_s^{N^*} = -\frac{2f\theta}{1+2\theta} + \frac{2\lambda\alpha_b}{1+2\lambda}$ 。当 $p_s^{T^*} - p_s^{N^*} > 0$, 我们可以解出 $0 \leq \theta < \frac{\lambda\alpha_b}{f+2\lambda(f-\alpha_b)}$, 当 $p_s^{T^*} - p_s^{N^*} \leq 0$, 我们可以得到 $\frac{\lambda\alpha_b}{f+2\lambda(f-\alpha_b)} \leq \theta \leq 1$ 。因此, 当 $0 \leq \theta < \frac{\lambda\alpha_b}{f+2\lambda(f-\alpha_b)}$ 时, $p_s^{S^*} \leq p_s^{N^*} < p_s^{T^*} \leq p_s^{R^*}$, 当 $\frac{\lambda\alpha_b}{f+2\lambda(f-\alpha_b)} \leq \theta \leq 1$ 时, $p_s^{S^*} \leq p_s^{T^*} \leq p_s^{N^*} \leq p_s^{R^*}$ 。证毕。

命题 3.5 的证明

证明: 根据定理 3.1 和定理 3.2, 我们用情形 N 和情形 R 下的平台最优利润相减, 结果是 $\pi^{R^*} - \pi^{N^*} = \frac{\lambda[\beta^2(2+3\lambda)+2c(1+2\lambda)(\alpha_b-t)]}{2c(1+2\lambda)^2}$ 。我们只需要证明分子的大小, 因为分式方程的分母始终大于 0。让 $\phi = \beta^2(2+3\lambda)+2c(1+2\lambda)(\alpha_b-t) = (3\beta^2+4c\alpha_b-4ct)\lambda+2\beta^2+2c\alpha_b-2ct$, 我们解方程 $\phi = 0$, 然后计算出 $\lambda_1 = \frac{-2\beta^2-2c(\alpha_b-t)}{3\beta^2+4c(\alpha_b-t)}$ 。因此, 在 $3\beta^2+4c\alpha_b-4ct > 0$ 的情况下 (即 $\alpha_b - t > -\frac{3\beta^2}{4c}$), 当 $0 < \lambda \leq \lambda_1$, $\pi^{R^*} - \pi^{N^*} \leq 0$; 当 $\lambda_1 < \lambda \leq 1$, $\pi^{R^*} - \pi^{N^*} > 0$ 。对于 $\alpha_b - t \leq -\frac{3\beta^2}{4c}$ 对应条件下, 当 $0 < \lambda \leq \lambda_1$ 时, $\pi^{R^*} - \pi^{N^*} \geq 0$; 当 $\lambda_1 < \lambda \leq 1$ 时, $\pi^{R^*} - \pi^{N^*} < 0$ 。相类似的, 我们得到 $\pi^{T^*} - \pi^{R^*} = \frac{\theta[\frac{\beta^2(2+3\theta+2\lambda+2\theta\lambda)}{c(1+2\lambda)}+2c(1+2\theta)(\alpha_s-f)]}{2c(1+2\lambda)^2}$ 。和上面的证明过程一样, 我们最终得到: 如果 $\alpha_s - f > -\frac{\beta^2(3+2\lambda)}{4c(1+2\lambda)}$, 当 $0 < \theta \leq \theta_1$ 时, $\pi^{T^*} - \pi^{R^*} \leq 0$; 当 $\theta_1 < \theta \leq 1$ 时, $\pi^{T^*} - \pi^{R^*} > 0$ 。如果 $\alpha_s - f \leq -\frac{\beta^2(3+2\lambda)}{4c(1+2\lambda)}$, 当 $0 < \theta \leq \theta_1$, $\pi^{T^*} - \pi^{R^*} \geq 0$; 当 $\theta_1 < \theta \leq 1$, $\pi^{T^*} - \pi^{R^*} < 0$ (其中 $\theta_1 = \frac{-2\beta^2(1+\lambda)-2c(1+2\lambda)(\alpha_s-f)}{\beta^2(3+2\lambda)+4c(1+2\lambda)(\alpha_s-f)}$)。证毕。

命题 3.6 的证明

证明: 通过对不同情形下平台匹配率大小的比较, 我们可以得到以下结果:

$\rho^R - \rho^N = -\frac{\beta\lambda}{c(1+2\lambda)} < 0$, $\rho^T - \rho^N = -\frac{\beta(\theta+\lambda+4\theta\lambda)}{c(1+2\theta)(1+2\lambda)} < 0$, $\rho^T - \rho^R = -\frac{\beta\theta}{c(1+2\theta)} < 0$, $\rho^T - \rho^S = -\frac{\beta\lambda(1+2\theta)}{c(1+2\theta)(1+2\lambda)} < 0$, $\rho^R - \rho^S = \frac{\theta-\lambda}{c(1+2\theta)(1+2\lambda)}$ 。很明显, 如果 $\theta = \lambda$, 则 $\rho^R = \rho^S$ 是成立的。因此, 我们可以推出: 当 $\theta > \lambda$ 时, $\rho^T \leq \rho^S < \rho^R \leq \rho^N$; 否则, 则 $\rho^T \leq \rho^R \leq \rho^S \leq \rho^N$ 。证毕。

定理 4.1 的证明

证明: 当双边用户的效用函数满足 $u_{b1} = u_{b2}$, $u_{s1} = u_{s2}$ 时, 我们可以得到双边用户加入平台的无差别点为 $m^* = \frac{t-(1+2\lambda)p_{b1}+(1+2\lambda)p_{b2}+(n_{s1}-n_{s2})\alpha_b+\eta(\phi_1-\phi_2)}{2t}$, $l^* = \frac{f-p_{s1}+p_{s2}+(n_{b1}-n_{b2})\alpha_s+\eta(\phi_1-\phi_2)}{2f}$ 。因此, 双边用户规模满足以下约束条件: $n_{b1} = m^*$, $n_{b2} = 1 - m^*$, $n_{s1} = l^*$, $n_{s2} = 1 - l^*$ 。将上述等式联立, 我们就

得到了双边用户的规模：

$$\begin{aligned} n_{b1} &= \frac{ft-f(1+2\lambda)p_{b1}+f(1+2\lambda)p_{b2}-\alpha_b(p_{s1}-p_{s2}+\alpha_s)+\eta(f+\alpha_b)(\phi_1-\phi_2)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)}, \\ n_{b2} &= \frac{ft+f(1+2\lambda)p_{b1}-f(1+2\lambda)p_{b2}+\alpha_b(p_{s1}-p_{s2}-\alpha_s)+\eta(f+\alpha_b)(\phi_2-\phi_1)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)}, \\ n_{s1} &= \frac{ft+t(p_{s2}-p_{s1})-[(1+2\lambda)(p_{b1}-p_{b2})+\alpha_b]\alpha_s+\eta(t+\alpha_s)(\phi_1-\phi_2)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)}, \\ n_{s2} &= \frac{ft+t(p_{s1}-p_{s2})+[(1+2\lambda)(p_{b1}-p_{b2})-\alpha_b]\alpha_s+\eta(t+\alpha_s)(\phi_2-\phi_1)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)}. \end{aligned}$$

接下来，我们将用户规模纳入平台的利润函数 $\pi_i = p_{bi}n_{bi} + p_{si}n_{si} - \frac{1}{2}c\phi_i^2$ 。通过逆向归纳法，我们可以计算出利润函数关于 p_{bi} 、 p_{si} 、 ϕ_i 的一阶偏导数，然后我们就能得到下面的方程：

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_1}{\partial p_{b1}} &= \frac{ft-2f(1+2\lambda)p_{b1}+f(1+2\lambda)p_{b2}+p_{s2}\alpha_b-2\lambda p_{s1}\alpha_s-\alpha_b\alpha_s-p_{s1}(\alpha_b+\alpha_s)+\eta(f+\alpha_b)(\phi_1-\phi_2)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)}, \\ \frac{\partial \pi_1}{\partial p_{s1}} &= \frac{ft-2tp_{s1}+tp_{s2}-p_{b1}\alpha_b-[(1+2\lambda)(p_{b1}-p_{b2})+\alpha_b]\alpha_s+\eta(t+\alpha_s)(\phi_1-\phi_2)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)}, \\ \frac{\partial \pi_1}{\partial \phi_1} &= \frac{\eta[p_{b1}(f+\alpha_b)+p_{s1}(t+\alpha_s)]}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)} - c\phi_1, \\ \frac{\partial \pi_2}{\partial p_{b2}} &= \frac{ft+f(1+2\lambda)p_{b1}-2f(1+2\lambda)p_{b2}+p_{s1}\alpha_b-2\lambda p_{s2}\alpha_s-\alpha_b\alpha_s-p_{s2}(\alpha_b+\alpha_s)+\eta(f+\alpha_b)(\phi_2-\phi_1)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)}, \\ \frac{\partial \pi_2}{\partial p_{s2}} &= -\frac{-ft-t p_{s1}+2tp_{s2}+p_{b2}\alpha_b-[(1+2\lambda)(p_{b1}-p_{b2})-\alpha_b]\alpha_s+\eta(t+\alpha_s)(\phi_1-\phi_2)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)}, \\ \frac{\partial \pi_2}{\partial \phi_2} &= \frac{\eta[p_{b2}(f+\alpha_b)+p_{s2}(t+\alpha_s)]}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)} - c\phi_2. \end{aligned}$$

相应地，函数的 Hessian 矩阵为

$$H = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial p_{bi}^2} & \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial p_{bi} \partial p_{si}} & \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial p_{bi} \partial \phi_i} \\ \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial p_{si} \partial p_{bi}} & \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial p_{si}^2} & \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial p_{si} \partial \phi_i} \\ \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial \phi_i \partial p_{bi}} & \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial \phi_i \partial p_{si}} & \frac{\partial^2 \pi_i}{\partial \phi_i^2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{f(1+2\lambda)}{-ft+\alpha_b\alpha_s} & -\frac{\alpha_b+(1+2\lambda)\alpha_s}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)} & \frac{\eta(f+\alpha_b)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)} \\ -\frac{\alpha_b+(1+2\lambda)\alpha_s}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)} & \frac{t}{-ft+\alpha_b\alpha_s} & \frac{\eta(t+\alpha_s)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)} \\ \frac{\eta(f+\alpha_b)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)} & \frac{\eta(t+\alpha_s)}{2(ft-\alpha_b\alpha_s)} & -c \end{pmatrix}.$$

我们需要证明利润函数关于 p_{bi} 、 p_{si} 、 ϕ_i 的凹函数。接下来，我们得到 Hessian 矩阵负定条件，即 $|H_1| = \frac{f(1+2\lambda)}{-ft+\alpha_b\alpha_s} < 0$ ，
 $|H_2| = -\frac{4ft(1+2\lambda)+[\alpha_b+(1+2\lambda)\alpha_s]^2}{4(ft-\alpha_b\alpha_s)^2} > 0$ 且
 $|H_3| = \frac{-4cft(1+2\lambda)+\eta^2(f+t+2t\lambda)+[\alpha_b+(1+2\lambda)\alpha_s][\eta^2+c\alpha_b+c(1+2\lambda)\alpha_s]}{4(ft-\alpha_b\alpha_s)^2} < 0$ 。因此，根据这个条件可以得出 $t > \frac{\eta^2}{4c(1+2\lambda)}$ 和 $f > -\frac{t\eta^2(1+2\lambda)+[\alpha_b+(1+2\lambda)\alpha_s][\eta^2+c\alpha_b+c(1+2\lambda)\alpha_s]}{\eta^2-4ct(1+2\lambda)}$ 的结论。

设 $\frac{\partial \pi_i}{\partial p_{bi}} = 0$ ， $\frac{\partial \pi_i}{\partial p_{si}} = 0$ ， $\frac{\partial \pi_i}{\partial \phi_i} = 0$ ，我们得出定理 4.1 中的平台最优定价和质量努力水平，即 $p_{bi}^B = \frac{t}{1+2\lambda} - \alpha_s$ ， $p_{si}^B = f - \frac{\alpha_b}{1+2\lambda}$ ， $\phi_i^B = \frac{\eta(1+\lambda)}{c(1+2\lambda)}$ 以及

$$\pi_i^{B*} = \frac{c(1+2\lambda)[t-\alpha_b+(1+2\lambda)(f-\alpha_s)]-\eta^2(1+\lambda)^2}{2c(1+2\lambda)^2}。证毕。$$

定理 4.2、4.3 和 4.4 的证明

证明：与定理 4.1 不同的是，当信息不对称时，函数的差异只反映在双边用户的效用函数以及平台的利润函数中。但证明方法与定理 4.1 相似。因此，这里省略了定理 4.2、3 和 4 的证明。具体结果见附录 2 中的表 2。证毕。

命题 4.1 的证明

证明：根据定理 4.4 中的最优定价和质量努力水平，我们分别取 p_{bi}^{U*} ， p_{si}^{U*} ， ϕ_i^{U*} ， u_{si}^{U*} ， u_{bi}^{U*} 中关于公平关切的误报因子 τ_f 的偏导数。因此，我们有

$$\frac{\partial p_{bi}^{U*}}{\partial \tau_f} = -\frac{2t\lambda}{(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2} < 0, \frac{\partial p_{si}^{U*}}{\partial \tau_f} = \frac{2\lambda\alpha_b}{(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2} > 0, \frac{\partial \phi_i^{U*}}{\partial \tau_f} = -\frac{\eta\lambda}{c(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2} < 0,$$

$$\frac{\partial u_{si}^{U*}}{\partial \tau_f} = -\frac{\lambda[2c\alpha_b(1+\theta_p)+\eta^2]}{c(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2} < 0 \text{ 和 } \frac{\partial u_{bi}^{U*}}{\partial \tau_f} = \frac{\lambda[2ct(1+\theta_p)-\eta^2]}{c(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2}。令 \frac{\partial u_{bi}^{U*}}{\partial \tau_f} = 0，$$

并求解 $\theta_p = \frac{\eta^2-2ct}{2ct}$ 。因此，当 $0 \leq \theta_p < \frac{\eta^2-2ct}{2ct}$ 时， $\frac{\partial u_{bi}^{U*}}{\partial \tau_f} < 0$ ；当 $\theta_p \geq \frac{\eta^2-2ct}{2ct}$ 时， $\frac{\partial u_{bi}^{U*}}{\partial \tau_f} > 0$ 。证毕。

命题 4.2 的证明

证明：与命题 4.1 类似，我们分别计算定价、质量努力水平和效用相对于平台误报因子 θ_p 的偏导数。可以得出 $\frac{\partial p_{bi}^{U*}}{\partial \theta_p} = 0$ ， $\frac{\partial p_{si}^{U*}}{\partial \theta_p} = 0$ ，

$$\frac{\partial \phi_i^{U*}}{\partial \theta_p} = -\frac{\eta(1+\lambda+\lambda\tau_f)}{c(1+\theta_p)^2(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)} < 0，\quad \frac{\partial u_{bi}^{U*}}{\partial \theta_p} = -\frac{\eta^2(1+\lambda+\lambda\tau_f)}{c(1+\theta_p)^2(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)} < 0 \text{ 以及}$$

$$\frac{\partial u_{si}^{U*}}{\partial \theta_p} = -\frac{\eta^2(1+\lambda+\lambda\tau_f)}{c(1+\theta_p)^2(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)} < 0。证毕。$$

命题 4.3 的证明

证明：与命题 4.2 的证明类似，我们利用最优利润函数的偏导数与模型 U 下平台和买家的误报因子 θ_p ， τ_f 进行求解。然后我们得到

$$\frac{\partial \pi_i^{U*}}{\partial \theta_p} = \frac{\eta^2(1+\lambda+\lambda\tau_f)^2}{2c(1+\theta_p)^2(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2} > 0，$$

$$\frac{\partial \pi_i^{U*}}{\partial \tau_f} = \frac{\lambda[\eta^2(1+\lambda)-ct(1+2\lambda)+(\eta^2-2ct)\lambda\tau_f-ct\theta_p(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)+c\alpha_b(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)]}{c(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^3}。由于这个$$

方程的分母总是大于 0，我们将分子的方程转化为 $f(\tau_f) = \lambda[\eta^2 + 2c(1 + \theta_p)(\alpha_b - t)]\tau_f - \{(1 + 2\lambda)[c(1 + \theta_p)(t - \alpha_b)] - \eta^2(1 + \lambda)\}$ 。由于在这种情况下 $\alpha_b - t < 0$ ，我们可以得到当 $0 < \theta_p < \frac{-\eta^2}{2c(\alpha_b - t)} - 1$ ，我们求出

$$\begin{cases} 0 \leq \tau_f < \frac{(1+2\lambda)[c(1+\theta_p)(t-\alpha_b)]-\eta^2(1+\lambda)}{\lambda[\eta^2+2c(1+\theta_p)(\alpha_b-t)]}, \frac{\partial \pi_i^{U^*}}{\partial \tau_f} < 0 \\ \tau_f \geq \frac{(1+2\lambda)[c(1+\theta_p)(t-\alpha_b)]-\eta^2(1+\lambda)}{\lambda[\eta^2+2c(1+\theta_p)(\alpha_b-t)]}, \frac{\partial \pi_i^{U^*}}{\partial \tau_f} > 0 \end{cases} \quad \text{反之, 当 } \theta_p \geq \frac{-\eta^2}{2c(\alpha_b-t)} - 1 \text{ 时,}$$

$$\begin{cases} 0 \leq \tau_f < \frac{(1+2\lambda)[c(1+\theta_p)(t-\alpha_b)]-\eta^2(1+\lambda)}{\lambda[\eta^2+2c(1+\theta_p)(\alpha_b-t)]}, \frac{\partial \pi_i^{U^*}}{\partial \tau_f} > 0 \\ \tau_f \geq \frac{(1+2\lambda)[c(1+\theta_p)(t-\alpha_b)]-\eta^2(1+\lambda)}{\lambda[\eta^2+2c(1+\theta_p)(\alpha_b-t)]}, \frac{\partial \pi_i^{U^*}}{\partial \tau_f} < 0 \end{cases} \quad \text{。证毕。}$$

命题 4.4 的证明

证明：通过对比四种情形下双边用户的最优定价，我们得出以下结果：

$$p_{bi}^{U^*} = p_{bi}^{F^*} = -\alpha_s + \frac{t}{1+2\lambda+2\lambda\tau_f}, \quad p_{bi}^{B^*} = p_{bi}^{C^*} = \frac{t}{1+2\lambda} - \alpha_s。 \text{ 同时, } p_{bi}^{U^*} - p_{bi}^{B^*} = \frac{-2\lambda t \tau_f}{(1+2\lambda)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)} \leq 0。 \text{ 因此, 我们得出结论: } p_{bi}^{U^*} = p_{bi}^{F^*} \leq p_{bi}^{B^*} = p_{bi}^{C^*}。 \text{ 类似地,}$$

$$\text{我们有 } p_{si}^{C^*} = p_{si}^{B^*} = f - \frac{\alpha_b}{1+2\lambda}, \quad p_{si}^{F^*} = p_{si}^{U^*} = f - \frac{\alpha_b}{1+2\lambda+2\lambda\tau_f}, \quad p_{si}^{U^*} - p_{si}^{B^*} = \frac{2\lambda\alpha_b\tau_f}{(1+2\lambda)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)} \geq 0。 \text{ 相应地, 我们得出结论: } p_{si}^{C^*} = p_{si}^{B^*} \leq p_{si}^{F^*} = p_{si}^{U^*}。 \text{ 证毕。}$$

命题 4.5 的证明

证明：通过比较四种博弈情形下平台最优质量努力水平的大小，我们得到

$$\phi_i^{F^*} - \phi_i^{B^*} = -\frac{\eta\lambda\tau_f}{c(1+2\lambda)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)} \leq 0, \quad \phi_i^{C^*} - \phi_i^{B^*} = -\frac{\eta(1+\lambda)\theta_p}{c(1+2\lambda)(1+\theta_p)} \leq 0,$$

$$\phi_i^{U^*} - \phi_i^{B^*} = -\frac{\eta[\lambda\tau_f + (1+\lambda)\theta_p(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)]}{c(1+2\lambda)(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)} \leq 0, \quad \phi_i^{U^*} - \phi_i^{F^*} = -\frac{\eta\theta_p(1+\lambda+2\lambda\tau_f)}{c(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)} \leq 0,$$

$$\phi_i^{U^*} - \phi_i^{C^*} = -\frac{\eta\lambda\tau_f}{c(1+2\lambda)(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)} \leq 0 \quad \text{且}$$

$$\phi_i^{F^*} - \phi_i^{C^*} = \frac{\eta[(1+2\lambda)\theta_p(1+\lambda+2\lambda\tau_f) - \lambda\tau_f]}{c(1+2\lambda)(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)}。 \text{ 显然, 当且仅当 } \theta_p = \frac{\lambda\alpha_b}{(1+2\lambda)(1+\lambda+2\lambda\tau_f)} \text{ 时,}$$

$$\phi_i^{F^*} = \phi_i^{C^*} \text{ 才成立。因此, 我们可以得出当 } 0 \leq \theta_p \leq \frac{\lambda\alpha_b}{(1+2\lambda)(1+\lambda+2\lambda\tau_f)} \text{ 时, } \phi_i^{U^*} \leq \phi_i^{F^*} \leq \phi_i^{C^*} \leq \phi_i^{B^*}; \text{ 否则当 } \theta_p \geq \frac{\lambda\alpha_b}{(1+2\lambda)(1+\lambda+2\lambda\tau_f)} \text{ 时, } \phi_i^{U^*} \leq \phi_i^{C^*} \leq \phi_i^{F^*} \leq \phi_i^{B^*}。 \text{ 证毕。}$$

命题 4.6 的证明

证明：与命题 4.5 的证明类似，我们比较了四种博弈情形下双边用户的均衡效用。首先，我们比较卖方的效用大小。可以得出

$$u_s^{F^*} - u_s^{B^*} = -\frac{\lambda(\eta^2+2c\alpha_b)\tau_f}{c(1+2\lambda)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)} \leq 0, \quad u_s^{C^*} - u_s^{B^*} = -\frac{\eta^2(1+\lambda)\theta_p}{c(1+2\lambda)(1+\theta_p)} \leq 0,$$

$$u_s^{U^*} - u_s^{B^*} = -\frac{\eta^2(1+\lambda)(1+2\lambda)\theta_p + \lambda\{2c\alpha_b(1+\theta_p) + \eta^2[1+2(1+\lambda)\theta_p]\}\tau_f}{c(1+2\lambda)(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)} \leq 0, \quad u_s^{U^*} - u_s^{F^*} =$$

$$-\frac{\eta^2\theta_p(1+\lambda+2\lambda\tau_f)}{c(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)} \leq 0, \quad u_s^{U^*} - u_s^{C^*} = -\frac{\lambda(\eta^2+2c\alpha_b(1+\theta_p))\tau_f}{c(1+2\lambda)(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)} \leq 0 \text{ 且 } u_s^{F^*} - u_s^{C^*} =$$

$$\frac{\eta^2(1+\lambda)(1+2\lambda)\theta_p + \lambda\{2c\alpha_b(1+\theta_p) + \eta^2[1+2(1+\lambda)\theta_p]\}\tau_f}{c(1+2\lambda)(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)}。 \text{ 由于方程 } u_s^{F^*} - u_s^{C^*} \text{ 的分母始终大于 0,}$$

因此我们将分子设为 0，即 $\eta^2(1+\lambda)(1+2\lambda)\theta_p + \lambda\{2ct - \eta^2 + \theta_p[2ct + \eta^2(1+2\lambda)]\}\tau_f = 0$ ，我们得到 $\delta = \frac{\theta_p}{\tau_f} = \frac{\lambda\{\eta^2[1-(1+2\lambda)\theta_p] + 2c\alpha_b(1+\theta_p)\}}{\eta^2(1+\lambda)(1+2\lambda)}$ 。最终，当 $0 \leq \delta < \frac{\lambda\{\eta^2[1-(1+2\lambda)\theta_p] + 2c\alpha_b(1+\theta_p)\}}{\eta^2(1+\lambda)(1+2\lambda)}$ 时， $u_s^{U^*} \leq u_s^{F^*} < u_s^{C^*} \leq u_s^{B^*}$ ；否则，当 $\delta \geq \frac{\lambda\{\eta^2[1-(1+2\lambda)\theta_p] + 2c\alpha_b(1+\theta_p)\}}{\eta^2(1+\lambda)(1+2\lambda)}$ 时， $u_s^{U^*} \leq u_s^{C^*} \leq u_s^{F^*} \leq u_s^{B^*}$ 。

其次，我们比较了四种情形下买方效用的大小：（1） $u_b^{F^*} - u_b^{B^*} = \frac{(2ct - \eta^2)\lambda\tau_f}{c(1+2\lambda)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)}$ ，设其等于 0，得 $c = \frac{\eta^2}{2t}$ 。因此，当 $c \geq \frac{\eta^2}{2t}$ 时， $u_b^{F^*} \geq u_b^{B^*}$ ；否则 $u_b^{F^*} < u_b^{B^*}$ 。同理可得：（2）当 $\theta_p \geq \frac{\eta^2 - 2ct}{2ct}$ 时， $u_b^{U^*} \geq u_b^{C^*}$ ；否则 $u_b^{U^*} < u_b^{C^*}$ ；（3）当 $0 \leq \delta < \frac{\lambda\{-\eta^2[1+2(1+\lambda)\theta_p] + 2ct(1+\theta_p)\}}{\eta^2(1+\lambda)(1+2\lambda)}$ ， $u_b^{U^*} > u_b^{B^*}$ ；否则 $u_b^{U^*} \leq u_b^{B^*}$ 。证毕。

命题 4.7 的证明

证明：根据表 4，我们对比了平台在四种情形下的最优利润。然后得到：

$$\pi^{C^*} - \pi^{B^*} = \frac{\eta^2(1+\lambda)^2\theta_p}{2c(1+2\lambda)^2(1+\theta_p)} \geq 0, \quad \pi^{U^*} - \pi^{F^*} = \frac{\eta^2\theta_p(1+\lambda+\lambda\tau_f)^2}{2c(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2} \geq 0。因此，$$

$$\pi^{B^*} \leq \pi^{C^*} \quad \text{和} \quad \pi^{F^*} \leq \pi^{U^*} \quad \text{保持不变。此外，}$$

$$\pi^{F^*} - \pi^{B^*} =$$

$$\frac{\lambda\tau_f\{2(1+2\lambda)[\eta^2(1+\lambda) - ct(1+2\lambda) + c(1+2\lambda)\alpha_b] + \lambda[\eta^2(3+4\lambda) - 4ct(1+2\lambda) + 4c(1+2\lambda)\alpha_b]\tau_f\}}{2c(1+2\lambda)^2(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2}，我们只需$$

证明分子的大小，因为分式方程的分母始终大于 0。设 $f(\tau_f) = 2(1+2\lambda)[\eta^2(1+\lambda) - ct(1+2\lambda) + c(1+2\lambda)\alpha_b] + \lambda[\eta^2(3+4\lambda) - 4ct(1+2\lambda) + 4c(1+2\lambda)\alpha_b]\tau_f = \lambda[\eta^2(3+4\lambda) + 4c(1+2\lambda)(\alpha_b - t)]\tau_f + 2(1+2\lambda)[\eta^2(1+\lambda) + c(1+2\lambda)(\alpha_b - t)]$ ，我们求解方程 $f(\tau_f) = 0$ ，计算出

$$\tau_{f1} = -\frac{2(1+2\lambda)[\eta^2(1+\lambda) + c(1+2\lambda)(\alpha_b - t)]}{\lambda[\eta^2(3+4\lambda) + 4c(1+2\lambda)(\alpha_b - t)]}。因此，在 $\eta^2(3+4\lambda) + 4c(1+2\lambda)(\alpha_b - t) >$$$

0 的情况下（即 $\alpha_b - t > -\frac{\eta^2(3+4\lambda)}{4c(1+2\lambda)}$ ），当 $0 < \tau_f \leq \tau_{f1}$ 时， $\pi^{F^*} - \pi^{B^*} \leq 0$ ；当

$\tau_f > \tau_{f1}$ 时， $\pi^{F^*} - \pi^{B^*} > 0$ 。对于相应条件：在 $\alpha_b - t \leq -\frac{\eta^2(3+4\lambda)}{4c(1+2\lambda)}$ 的情况下，

当 $0 < \tau_f \leq \tau_{f1}$ 时， $\pi^{F^*} - \pi^{B^*} \geq 0$ ，当 $0 < \tau_f \leq \tau_{f1}$ 时， $\pi^{F^*} - \pi^{B^*} < 0$ 。用类

似的方法我们得到 $\pi^{U^*} - \pi^{C^*} = \frac{2\lambda\tau_f(1+2\lambda)[\eta^2(1+\lambda) - ct(1+2\lambda) + c(1+2\lambda)(\alpha_b + (\alpha_b - t)\theta_p)]}{2c(1+2\lambda)^2(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2} +$

$$\frac{\lambda^2\tau_f^2[\eta^2(3+4\lambda) - 4ct(1+2\lambda) + 4c(1+2\lambda)(\alpha_b + (\alpha_b - t)\theta_p)]}{2c(1+2\lambda)^2(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2}。$$

与上面的证明过程类似，我们最终得到：如果 $\alpha_b - t > -\frac{\eta^2(3+4\lambda)}{4c(1+2\lambda)(1+\theta_p)}$ ，当

$0 < \tau_f \leq \tau_{f2}$ 时， $\pi^{U^*} - \pi^{C^*} \leq 0$ ；当 $\tau_f > \tau_{f2}$ 时， $\pi^{U^*} - \pi^{C^*} > 0$ 。如果

$\alpha_b - t \leq -\frac{\eta^2(3+4\lambda)}{4c(1+2\lambda)(1+\theta_p)}$ ，当 $0 < \tau_f \leq \tau_{f2}$ 时， $\pi^{U^*} - \pi^{C^*} \geq 0$ ；当 $\tau_f > \tau_{f2}$ 时，

$\pi^{U^*} - \pi^{C^*} < 0$ 。同理我们有

$$\pi^{U^*} - \pi^{B^*} = \frac{\theta_p(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)\{\eta^2(1+\lambda)^2(1+2\lambda)+2\lambda[\eta^2(1+\lambda)^2-ct(1+2\lambda)+c(1+2\lambda)\alpha_b]\tau_f\}}{2c(1+2\lambda)^2(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2} +$$

$$\frac{\lambda\tau_f\{2(1+2\lambda)[\eta^2(1+\lambda)-ct(1+2\lambda)+c(1+2\lambda)\alpha_b]+\lambda[\eta^2(3+4\lambda)-4ct(1+2\lambda)+4c(1+2\lambda)\alpha_b]\tau_f\}}{2c(1+2\lambda)^2(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2}。当$$

$\alpha_b - t > \omega_1$ 时，我们求解出 $\pi^{U^*} > \pi^{B^*}$ 。否则，当 $\alpha_b - t \leq \omega_1$ 时， $\pi^{U^*} \leq \pi^{B^*}$ 成

立。（其中 $\tau_{f1} = -\frac{2(1+2\lambda)[\eta^2(1+\lambda)+c(1+2\lambda)(\alpha_b-t)]}{\lambda[\eta^2(3+4\lambda)+4c(1+2\lambda)(\alpha_b-t)]}$ ，

$$\tau_{f2} = -\frac{2(1+\lambda)[\eta^2(1+\lambda)+c(1+2\lambda)(\alpha_b-t)(1+\theta_p)]}{\lambda[\eta^2(3+4\lambda)+4c(1+2\lambda)(\alpha_b-t)(1+\theta_p)]}，$$

$$\omega_1 = -\frac{\eta^2\{\theta_p(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)^2(1+\lambda)^2+\lambda\tau_f[2(1+\lambda)(1+2\lambda)+\lambda\tau_f(3+4\lambda)]\}}{2c\lambda\tau_f(1+2\lambda)(1+\theta_p)(1+2\lambda+2\lambda\tau_f)}。证毕。$$

附录 2 均衡结果

表 1 信息对称下的四种模式的最优决策

模型	N 模型	R 模型
p_{bi}^*	$t - \alpha_s$	$\frac{t}{1+2\lambda} - \alpha_s$
p_{si}^*	$f - \alpha_b$	$f - \frac{\alpha_b}{1+2\lambda}$
ρ_i^*	$\frac{\beta}{c}$	$\frac{\beta(1+\lambda)}{c(1+2\lambda)}$
π_i^*	$\frac{cf + ct - \beta^2 - c\alpha_b - c\alpha_s}{2c}$	$-\frac{\beta^2 h_3^2 - ch_2(t + fh_2) + ch_2(\alpha_b + h_2\alpha_s)}{2ch_2^2}$
模型	S 模型	T 模型
p_{bi}^*	$t - \frac{\alpha_s}{1+2\theta}$	$\frac{t}{1+2\lambda} - \frac{\alpha_s}{1+2\theta}$
p_{si}^*	$\frac{f}{1+2\theta} - \alpha_b$	$\frac{f}{1+2\theta} - \frac{\alpha_b}{1+2\lambda}$
ρ_i^*	$\frac{\beta(1+\theta)}{c(1+2\theta)}$	$\frac{\beta(1+\theta+\lambda)}{c(1+2\theta)(1+2\lambda)}$
π_i^*	$-\frac{\beta^2 h_4^2 - ch_1(f + th_1) + ch_1(h_1\alpha_b + \alpha_s)}{2ch_1^2}$	$\frac{fh_2 + th_1 - \frac{\beta^2(1+\theta+\lambda)^2}{ch_1h_2} - h_1\alpha_b - h_2\alpha_s}{2h_1h_2}$

注：因为平台 1 和平台 2 之间所有相同的决策变量都是相等的，简化一下，我们使用不带下标的形式“平台 (i)”来表示我们的最优决策变量（其中 $h_1 = 1 + 2\theta$, $h_2 = 1 + 2\lambda$, $h_3 = 1 + \lambda$, $h_4 = 1 + \theta$ ）。

表 2 信息对称下竞争瓶情形的最优决策

模型	N 模型	R 模型
p_{bi}^*	$t - \frac{\alpha_s [(3cf - \beta^2)\alpha_b + f(\beta^2 + c\alpha_s)]}{2f(2cf - \beta^2)}$	$\frac{t}{h_2} - \frac{\alpha_s [(3cf - \beta^2)\alpha_b + f(\beta^2 + ch_2\alpha_s)]}{2fh_2(2cf - \beta^2)}$
p_{si}^*	$\frac{(\beta^2 - cf)\alpha_b + f(\beta^2 + c\alpha_s)}{2(2cf - \beta^2)}$	$\frac{(\beta^2 - cf)\alpha_b + f(\beta^2 + ch_2\alpha_s)}{2h_2(2cf - \beta^2)}$
ρ_i^*	$\frac{\beta(2f + \alpha_b + \alpha_s)}{2(2cf - \beta^2)}$	$\frac{\beta(2f + \alpha_b + h_2\alpha_s)}{2h_2(2cf - \beta^2)}$
π_i^*	$\frac{A_1 + B_1}{8f(2cf - \beta^2)}$	$\frac{A_2 + B_2}{8f(2cf - \beta^2)h_2^2}$
模型	S 模型	T 模型
p_{bi}^*	$t - \frac{\alpha_s [(3cf - \beta^2)\alpha_b + f(\beta^2 + c\alpha_s)]}{2f[cf(2 + \theta) - \beta^2]}$	$\frac{t}{h_2} - \frac{\alpha_s [(3cf - \beta^2)\alpha_b + f(\beta^2 + ch_2\alpha_s)]}{2fh_2[cf(2 + \theta) - \beta^2]}$
p_{si}^*	$\frac{(\beta^2 - cfh_1)\alpha_b + f(\beta^2 + c\alpha_s)}{2[cf(2 + \theta) - \beta^2]}$	$\frac{(\beta^2 - cfh_1)\alpha_b + f(\beta^2 + ch_2\alpha_s)}{2h_2[cf(2 + \theta) - \beta^2]}$
ρ_i^*	$\frac{\beta[f(2 + \theta) - (\theta - 1)\alpha_b + \alpha_s]}{2[cf(2 + \theta) - \beta^2]}$	$\frac{\beta[f(2 + \theta) - (\theta - 1)\alpha_b + h_2\alpha_s]}{2h_2[cf(2 + \theta) - \beta^2]}$
π_i^*	$\frac{C + D_1 + E_1}{8f[\beta^2 - cf(2 + \theta)]^2}$	$\frac{C + D_2 + E_2}{8f[\beta^2 - cf(2 + \theta)]^2h_2^2}$

其中 $A_1 = f[8cft - 2(f + 2t)\beta^2 - \alpha_s(2\beta^2 + c\alpha_s)]$, $A_2 = f[8cft h_2 - 2(f + 2th_2)\beta^2 - \alpha_b(2\beta^2 + c\alpha_b)]$, $B_1 = -cf\alpha_b^2 - 2\alpha_b[f\beta^2 + (3cf - \beta^2)\alpha_s]$, $B_2 = -cfh_2^2\alpha_s^2 - 2\alpha_s h_2[f\beta^2 + (3cf - \beta^2)\alpha_b]$, $C = \{-2\beta^4\theta - 2c^2f^2(1 + 2\theta)^2 + cf\beta^2[1 + \theta(8 + 3\theta)]\}\alpha_b^2$, $D_1 = 2\alpha_b\{f\beta^2[\beta^2 - cf(2 + \theta^2)] - \{\beta^4 - cf\beta^2(5 + 2\theta) + 2c^2f^2[3 + \theta(2 + \theta)]\}\alpha_s\}$, $D_2 = 2\alpha_b\{f\beta^2[\beta^2 - cf(2 + \theta^2)] + \{\beta^4 - cf\beta^2(5 + 2\theta) + 2c^2f^2[3 + \theta(2 + \theta)]\}h_2\alpha_s\}$, $E_1 = f\{4c^2f^2t(2 + \theta)^2 + 2\beta^4(2t + fh_4) - cf\beta^2(2 + \theta)[8t + f(2 + \theta)] - \alpha_s(2cf - \beta^2)(2\beta^2 + c\alpha_s)\}$, $E_2 = f\{4c^2f^2th_2(2 + \theta)^2 + 2\beta^4(2th_2 + fh_4) - cf\beta^2(2 + \theta)[8th_2 + f(2 + \theta)] - h_2\alpha_s(2cf - \beta^2)(2\beta^2 + c\alpha_s h_2)\}$ 。

表 3 信息对称下公平关切异质性($\lambda_1 \neq \lambda_2$)的最优决策

模型	N 模型	R 模型
p_{bi}^*	$t - \alpha_s$	$\frac{t}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} - \alpha_s$
p_{si}^*	$f - \alpha_b$	$f - \frac{\alpha_b}{1 + \lambda_1 + \lambda_2}$
ρ_i^*	$\frac{\beta}{c}$	$\frac{\beta(2 + \lambda_1 + \lambda_2)}{2c(1 + \lambda_1 + \lambda_2)}$
π_i^*	$\frac{cf + ct - \beta^2 - c\alpha_b - c\alpha_s}{2c}$	$\frac{4c(f - \alpha_s) + \frac{4c(t - \alpha_b) - 2\beta^2}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} - \beta^2 M_1}{8c}$
模型	S 模型	T 模型
p_{bi}^*	$t - \frac{\alpha_s}{1 + \theta_1 + \theta_2}$	$\frac{t}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} - \frac{\alpha_s}{1 + \theta_1 + \theta_2}$
p_{si}^*	$\frac{f}{1 + \theta_1 + \theta_2} - \alpha_b$	$\frac{f}{1 + \theta_1 + \theta_2} - \frac{\alpha_b}{1 + \lambda_1 + \lambda_2}$
ρ_i^*	$\frac{\beta(2 + \theta_1 + \theta_2)}{2c(1 + \theta_1 + \theta_2)}$	$\frac{\beta(\frac{1}{1 + \theta_1 + \theta_2} + \frac{1}{1 + \lambda_1 + \lambda_2})}{2c}$
π_i^*	$\frac{4c(t - \alpha_b) + \frac{4c(f - \alpha_s) - 2\beta^2}{1 + \theta_1 + \theta_2} - \beta^2 M_2}{8c}$	$\frac{\frac{4(f - \alpha_s)}{1 + \theta_1 + \theta_2} + \frac{4(t - \alpha_b)}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} - \frac{\beta^2}{c} M_3}{8}$

其中 $M_1 = 1 + \frac{1}{(1 + \lambda_1 + \lambda_2)^2}$, $M_2 = 1 + \frac{1}{(1 + \theta_1 + \theta_2)^2}$, $M_3 = (\frac{1}{1 + \theta_1 + \theta_2} + \frac{1}{1 + \lambda_1 + \lambda_2})^2$ 。

表 4 信息不对称下的最优决策

模型	B 模型	F 模型
p_{bi}^*	$\frac{t}{1+2\lambda}-\alpha_s$	$\frac{t}{1+2\lambda_m}-\alpha_s$
p_{si}^*	$f-\frac{\alpha_b}{1+2\lambda}$	$f-\frac{\alpha_b}{1+2\lambda_m}$
ϕ_i^*	$\frac{\eta(1+\lambda)}{c(1+2\lambda)}$	$\frac{\eta(1+\lambda_m)}{c(1+2\lambda_m)}$
π_i^*	$\frac{c(1+2\lambda)[t-\alpha_b+(1+2\lambda)(f-\alpha_s)]-\eta^2(1+\lambda)}{2c(1+2\lambda)^2}$	$\frac{4c(f-\alpha_s)+\frac{4c(t-\alpha_b)-2\eta^2}{1+2\lambda_m}-\eta^2(1+\frac{1}{(1+2\lambda_m)^2})}{8c}$
u_{bi}^*	$\frac{1}{2}(\frac{2\eta^2(1+\lambda)-ct(3+2\lambda)}{c(1+2\lambda)}+\alpha_b+2\alpha_s)$	$\frac{1}{2}(\alpha_b+\frac{\eta^2-ct+2c\alpha_s+\frac{-2ct+\eta^2}{1+2\lambda_m}}{c})$
u_{si}^*	$\frac{\alpha_b}{1+2\lambda}+\frac{1}{2}(\frac{2\eta^2(1+\lambda)}{c+2c\lambda}+\alpha_s-3f)$	$\frac{1}{2}(\alpha_s+\frac{\eta^2-3cf+\frac{\eta^2+2c\alpha_b}{1+2\lambda_m}}{c})$
模型	C 模型	U 模型
p_{bi}^*	$\frac{t}{1+2\lambda}-\alpha_s$	$\frac{t}{1+2\lambda_m}-\alpha_s$
p_{si}^*	$f-\frac{\alpha_b}{1+2\lambda}$	$f-\frac{\alpha_b}{1+2\lambda_m}$
ϕ_i^*	$\frac{\eta(1+\lambda)}{c_m(1+2\lambda)}$	$\frac{\eta(1+\lambda_m)}{c_m(1+2\lambda_m)}$
π_i^*	$\frac{(1+2\lambda)(f-\alpha_s)+t-\alpha_b-\frac{\eta^2(1+\lambda)^2}{c_m(1+2\lambda)}}{2(1+2\lambda)}$	$\frac{1}{2}(f-\alpha_s-\frac{\eta^2(1+\lambda_m)^2}{c_m(1+2\lambda_m)^2}+\frac{t-\alpha_b}{1+2\lambda_m})$
u_{bi}^*	$\frac{\alpha_b-t}{2}-\frac{t}{1+2\lambda}+\alpha_s+\frac{\eta^2(1+\lambda)}{c_m(1+2\lambda)}$	$\frac{\alpha_b-t}{2}+\alpha_s-\frac{t}{1+2\lambda_m}+\frac{\eta^2(1+\lambda_m)}{c_m(1+2\lambda_m)}$
u_{si}^*	$\frac{\alpha_b}{1+2\lambda}+\frac{\alpha_s-3f}{2}+\frac{\eta^2(1+\lambda)}{c_m(1+2\lambda)}$	$\frac{\alpha_s-3f}{2}+\frac{\alpha_b}{1+2\lambda_m}+\frac{\eta^2(1+\lambda_m)}{c_m(1+2\lambda_m)}$

注：因为平台 1 和平台 2 之间所有相同的决策变量都是相等的，因此我们使用不带下标“平台（i）”的形式来表示我们的最优决策变量。（其中 $\lambda_m = (1 + \tau_f)\lambda$ ， $c_m = (1 + \theta_p)c$ ）。

攻读硕士学位期间发表或录用的学术论文与参与的科研项

目经历

发表或录用的学术论文

- [1]Gui Y M, Tan D B, Liu Z, Dong F, Worry not rareness but disparity: Impact of fairness concerns on platforms' pricing and matching decision in competitive two-sided markets[J]. Expert Systems with Applications, 2024, 238: 121683
- [2]谈定波,桂云苗.考虑匹配率和参考价格效应的网络货运平台定价研究[J].安徽工程大学学报,2022,37(06):58-65.
- [3] Gui Y M, Tan D B, Dong F, Competitive two-sided markets' optimal decisions with misreporting behavior of fairness concerns and quality effort cost[J]. Information and Management (Under Review).

参与科研项目

- [1]安徽省哲学社会科学规划项目《区块链技术赋能下物流平台服务投资机制研究》（项目编号：AHSKY2022D112，参与）
- [2]安徽省高等学校自然科学研究项目《基于“双重”网络视角的安徽新能源汽车产业关键共性技术创新影响路径研究》（项目编号：2023AH050936，参与）
- [3]安徽省高校研究生科学研究项目《用户不完全信息下物流平台增值服务投资策略研究》（项目编号：YJS20210455，参与）
- [4]校级项目《信息不对称下考虑用户公平关切行为的网络货运平台定价策略研究》（主持）

致谢

行文至此，研究生的学习生涯即将结束。不知不觉已经来到了三年之后，回首三年的学习阶段，感受颇深。

首先感谢我的导师桂云苗教授。桂老师对于我的论文指导提供了方向的指导，从如何发现问题、论文的选题、如何建立系统的观念给与了我很大的帮助。在整个毕业论文的撰写过程中，桂老师对时间节点把握深刻细致，从毕业论文的选题、撰写开题报告和任务书、到正文撰写、以及格式的更改、到最后的定稿，桂老师都提出了相关的指导意见。桂老师对论文的细致指导，不仅让我学习到了书写论文的理论知识的重要性，更给我一种对学习态度的学习。桂老师从论文框架的搭建，以及论文逻辑的编排，都给予我及时的帮忙，使我能够最后顺利完成我的毕业设计。感谢董丰老师。感谢您对我论文的细心指导和督促，董老师认真仔细和精益求精的态度使我受益匪浅。感谢经济与管理学院所有给我授课的老师、开题中期答辩的老师。使我能够将所学理论应用于对现实问题的分析和解决，进而提升了我专业知识能力。

其次，感谢师兄师姐们以及各位同学，在研究生时光的陪伴以及学习生活上的帮助，在我的毕业论文写作过程当中，许多同学给我提供了信息上的帮助，在此表示真诚的感谢。

最后，我要感谢我的家人，感谢他们一直支持和鼓励我的求学之路。他们的陪伴和鼓舞是我在研究生生涯中最大的温暖。最后，在即将毕业时，感谢一直坚持的自己，感谢安徽工程大学带给我的宝贵学习机会，使我能够进一步的学习和生活，开始人生的另一个阶段。