

doi: 10.19920/j.cnki.jmsc.2024.03.002

在线社交知识共享平台的多阶段定价策略^①

傅馨¹, 孙晶², 蔡舜^{3*}, 赖劲垵¹

(1. 厦门大学管理学院, 厦门 361005; 2. 德勤管理咨询(上海)有限公司, 上海 200002;
3. 澳门城市大学商学院, 澳门 999078)

摘要: 知识共享经济为知识生产、交易、传播提供了崭新的模式和渠道. 为促进这一新兴商业模式持续健康发展, 本文从双边市场特征出发, 综合考虑知识产品时效性和社交特征, 构建多阶段平台最优定价模型, 并通过知乎 Live 实证数据实现模型参数估算和数值求解. 研究表明: 1) 本文所得的定价策略与平台实际运营情况相符, 并同其他模型进行了对比分析, 证明了模型的有效性和先进性; 2) 在平台发展的初创期和成长期, 用户规模的扩散率和初始规模对平台定价策略均无明显影响, 但在成熟期初始规模对平台收益有正向影响; 3) 知识产品时效性及社交特征所影响的主体不同, 产品时效性越大对平台发展和运营越有利. 产品社交特征对平台成长期有正向影响, 但对成熟期造成负向影响. 时效性及社交特征对平台影响具有叠加作用, 且社交特征影响更大.

关键词: 知识共享平台; 双边市场; 在线知识社区; 多阶段定价模型

中图分类号: F272.3; G202 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2024)03-0015-24

0 引言

大数据与社会经济生活的融合不断深化, 孕育了共享经济这一全新的经济业态和商业模式. 随着人们对这种新兴商务模式接受度的不断提高, 共享经济中的共享资源已悄然从有形资产(如房屋、车辆、衣物等)向无形资产(如劳动力、技能、经验、甚至知识等)的方向发展. 近年来, 随着用户对专业化和垂直化优质内容的认知和渴求的不断提高, 移动互联网环境下新兴技术的快速发展与应用, 以及以知乎^②和果壳^③为代表的在线知识型社区多年的运营沉淀, 人们的知识消费习惯开始从免费模式向付费模式进行转变. 知识付费已成为信息端供给侧改革的一种创新商务模式.

据国家信息中心发布的《中国共享经济发展报告(2021)》在 2020 年的突发疫情冲击下, 全年国内共享经济交易规模达 33 773 亿元, 其中知识技能领域的市场规模大幅增长, 交易额达 4 010 亿元(领域排名第三), 同比增长 30.9%, 交易规模在市场结构中占比增至 11.9%^[1].

在线社交知识共享平台经过多年深耕, 不仅聚集了大量拥有旺盛潜在认知盈余的知识分享者群体, 同时也吸引了大量对优质知识内容有强烈需求、并愿意为知识付费的潜在消费者群体. 这些平台作为连接知识供需双方的重要渠道, 允许知识分享者以多种形式(如 PPT、视频、语音、直播等)分享知识、经验或技能, 而知识消费者则通过购买知识产品, 与知识分享者建立联系. 在线社交

① 收稿日期: 2019-05-06; 修订日期: 2022-07-08.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(91746103; 72072150; 72192830; 72192834); 教育部人文社会科学研究规划基金项目(22YJA630020).

通讯作者: 蔡舜(1978—), 男, 福建泉州人, 博士, 教授, 博士生导师. Email: shuncaic@cityu.edu.mo

② <https://www.zhihu.com/explore>

③ <https://www.guokr.com>

知识共享平台为经济社会中的知识生产、交易、传播提供了崭新的模式和渠道。基于平台服务的知识共享具有双边市场的典型特征,在起步阶段,平台多通过为知识交易双方提供免费服务的方式,鼓励更多用户的加入,以形成市场规模^[2]。然而,随着商业模式的日趋成熟,如何通过平台的合理定价,以达到未来供应方、需求方、平台方三方的利益共赢,促进在线社交知识共享平台健康发展是一个亟需解决的重要管理决策问题。

传统双边市场中的平台定价研究主要集中在媒体杂志、电商平台、信用卡系统、搜索引擎等服务市场。与传统双边市场定价问题相比,在线社交知识共享平台定价具有以下特征:

1) 知识产品的特征:知识产品作为一种体验型产品,具有个性化程度高、产品效用动态变化等特征。具体而言,知识产品的消费呈现“低频+非重复购买性”的特征。消费者不会对相似的知识产品重复消费,这就要求知识产品个性化程度高,具有很强的原创性和不可替代性,才能满足知识消费者对知识稀缺性的需求^[3]。换言之,若平台市场已存在较多相似产品,将有可能抑制知识生产者对这类产品的产出。另外,知识产品具有一定的时效性。从知识消费者的角度,知识产品的效用会随时间动态变化,一般随着知识的扩散,知识的稀缺性将会降低,消费者对知识产品的效用评价也将随之降低^[3],而这将会对平台双方用户的需求函数的构建产生影响。

2) 平台具有社交属性:当把知识经济放到在线社交环境下,受粉丝经济和羊群效应的影响,平台网络外部性变得更加明显且复杂。知识产品作为体验型产品,存在较大的信息不对称性,这导致了知识产品的初次消费决策成本高。在线知识社区对知识产品的背书,可大大降低消费者的决策成本。另一方面,知识大V通过在知识社交网络上长期的耕耘,已积累了一定的社会资本(如粉丝数、点赞数等),这些社会资本将对消费者需求和规模产生影响。比如,知乎平台会将知识分享者创建的付费知识产品(即知乎Live)自动推送到其粉丝的信息流中,这有助于提高大V举办的Live的曝光度,增加其Live的销售量。因此,知识分享者的粉丝规模通常会影响到知识产品的销量。另一方面,在线社交环境中,羊群效应的影响已在

多个研究中得到证实^[4,5]。鉴于在线知识社交环境中已形成的社交关系,平台用户的知识消费行为将受到社交网络中其他用户和好友的行为影响。

3) 互联网平台的发展具有动态性特征:传统双边服务市场商业模式成熟,一般以利润最大化为定价优化目标。然而,在线社交知识共享平台作为一种新兴的互联网平台商务模式和产品,其发展路径有别于传统的双边服务市场,适用于传统市场的定价决策不一定能适应互联网平台的特征。平台发展成熟度通常可由多个维度(如用户规模、内容数量、变现能力、内容生态完整度、品牌推广力度等)共同决定^[1,6]。当一个新兴互联网平台进入市场,在其不同发展阶段往往需要聚焦于不同维度的发展需求。其中,用户规模是在线社交知识共享平台开展知识付费业务的基础和前提,平台收益极大程度地依赖于用户基数与用户付费转化率。基于此,平台通常以扩大用户规模作为其初期的运营目标,为平台的后续发展奠定用户基础。而伴随着平台自身的成长与行业的发展,用户对优质知识产品的需求逐渐增长,高价购买优质内容的意愿也随之提升^[1,7],处于成长期的平台往往需要通过提高知识产品的质量与数量,来提高用户效用和增加平台用户粘性,从而促进用户的变现行为与平台后期收益。因此,对于处在不同阶段的在线社交知识付费平台而言,其运营目标将随时间动态变化,需针对互联网平台不同发展阶段特征制定不同的运营目标。

上述特征的引入为在线社交知识共享平台定价带来了新的挑战。首先,平台定价的一个核心是潜在用户的需求函数(即用户规模)的刻画。有别于传统平台中用户需求只受用户效用的影响,在本文的研究情景中,用户需求函数将受到更多新因素的影响(比如知识产品特征、分享者社交特征、已有用户和知识产品规模等),这将使得平台中的网络外部性变得更加明显且复杂。值得一提的是,传统双边平台定价主要考虑组间的网络外部性,但鉴于知识产品的个性化、时效性等特征,在本文研究中,组内网络外部性也同样需要关注。其次,这些网络外部性也会随着平台的不同发展阶段而动态变化,并且将对下一阶段的定价初始状态产生影响。虽然已有极少数研究对平台收益、

最优定价结构及影响因素之间的动态关系进行探索,但这些研究均仅考虑单一的优化目标。另外,现有研究尚未考虑优化目标随平台发展阶段的动态变化。综上,本研究同现有的传统双边市场定价相比并非只是实践情境的不同,而在平台定价模型中充分考虑知识产品特征、平台的社交属性以及平台发展的动态性等特征。

本文拟对以下问题开展研究: 1) 如何根据互联网平台发展特性,构建在线社交知识共享平台多阶段最优定价模型,并在模型中表示和计算上述特征,以实现平台在其发展的不同阶段内对最优价格的动态调整? 2) 在线社交环境下,这些新的特征将如何影响平台双边用户规模和最优定价决策? 具体包括这些特征对平台定价决策的影响路径是什么? 不同特征影响强度有何不同? 影响是否存在交互效应(如抵消或叠加)? 这些影响在平台不同发展阶段是否存在差异?

1 相关研究综述

知识共享相关研究目前主要集中于探索影响用户分享^[8]或消费行为^[9]的关键因素,针对知识共享平台最优定价的研究较少。知识共享市场作为一种新兴双边市场,也可借鉴传统双边市场平台最优定价相关研究^[10-12],为平台定价提供决策支持。双边市场是指能促进供需双方交互的一个或多个平台,通过平台合理定价以吸引更多用户加入的市场^[10,11]。鉴于双边市场的成熟发展,传统双边市场中的平台定价研究和实践十分丰富,且主要围绕平台的价格结构以及定价影响因素展开。目前,双边市场的平台收费主要包括收取注册费^[12-14]、收取交易费^[15,16]、以及两步/混合收费^[16,17]三种方式。而知识共享平台目前较常见的收费机制,包含对用户免费、向分享者收取交易或注册费等。在现有的研究中,平台定价的目标一般为最大化平台收益,而平台收益受平台向用户收取的费用、平台成本、以及用户规模的影响。诸多学者^[10-21]对平台利润或社会福利最大化情境下的最优价格结构问题进行探索,并发现平台最优定价结构受网络外部性^[9-12,22-25]、收费方式^[11,26]、用户归属性^[11,12,27]、价格需求弹性^[11]、产品^[18]或平台^[19]差

异性、用户异质化^[20,21,28]、定价策略^[29]等因素影响。

在平台定价影响因素方面,双边市场具有两大重要特征,即价格结构非中性^[15]和网络外部性^[12]。由于价格结构非中性通常难以量化描述,网络外部性则成为影响用户效应和平台定价的重要因素^[11,12]。均衡状态下双边市场平台最优定价的研究多围绕网络外部性展开。双边市场的网络外部性是指一方用户的参与规模将影响到另外一边用户加入平台的动机及从平台获得的收益^[11,12]。网络外部性可分为组间网络外部性和组内网络外部性,并可进一步分为正向网络外部性和负向网络外部性。现有双边市场网络外部性的相关研究,集中于探讨传统双边市场中不同类型网络外部性存在与否。相关研究所涉及的行业背景、收费机制、影响因素及主要结论(略,有需要者可向作者索要)。

通过文献梳理发现,网络外部性作为双边市场的重要特征,已在传统双边市场中得到广泛证实,比如在线上P2P借贷^[30]、报刊杂志^[31]、电视媒体^[32]、黄页广告^[33]、线上用户生成内容平台^[13]、电子游戏^[34]等。在多数情形下,双边用户存在正向组间网络外部性。然而,对于不同的双边市场结构及平台运营情形,各边用户的组内网络外部性的正负情况亦存在着差异。另一方面,知识共享平台作为新兴的双边市场,其组间和组内的网络外部性尚存在研究空白。

在平台定价模式方面,传统的双边市场以静态为主,指平台仅通过一次定价确定平台的收费价格。近年来,开始有学者在静态定价模式的基础上开展平台的动态定价研究^[35-38],即考虑到平台的定价、规模和收益会随时间而产生动态变化。平台的动态定价一般结合最优控制理论,主要从网络外部性和消费者认知两个方面出发,分别研究其对平台定价的影响,其中大部分文献集中在前者的影响。当考虑网络外部性时,动态定价的关键在于潜在用户的需求函数的确定。不同于静态定价模式中潜在用户的需求函数(即用户规模)只受用户效用的影响,在动态定价模式下,用户需求函数和定价结构则受到更多因素的影响。例如,平台组间网络外部性^[35-37]、用户价格敏感性^[35,36]、知识复杂性和废弃率^[36]、平台质量^[37]和供需匹配^[39]等。

综上所述,双边市场中的平台定价研究较丰

富,主要集中在媒体杂志、电商平台、信用卡系统、搜索引擎等传统服务市场,但目前针对知识共享市场的定价研究还十分稀少.虽然文献^[36]以在线知识问答平台为研究背景,但是采用的是对提问者和广告商收取会员注册费的定价模式,且仅考虑了组间网络外部性,并未考虑组内网络外部性.同时,该研究并未对问题平台的社交环境进行探讨,且假设单一静态的平台定价目标.因此,与本文的研究存在较大不同.另一方面,现有定价模型通常是基于平台向双边用户收取注册费、双边用户之间存在正向组间网络外部性等假设,来构建静态定价模型.然而,对于新兴的在线社交知识共享市场这一研究问题背景,上述假设可能不再适用.首先,除传统双边用户之间的正向组间网络外部性外,受羊群效应、在线社交环境等因素的影响,知识共享平台将存在更为明显且复杂的网络外部性.其次,静态定价模型反映了平台的短视行为,强调平台短期收益,而未能考虑其长期最优收益.现有的动态定价研究主要致力于探索平台收益、最优定价结构及影响因素之间的动态关系,均仅考虑单一的优化目标,尚未考虑优化目标随平台发展阶段的动态变化.因此,本文从双边市场特征出发,综合考虑知识产品固有属性和用户社交属性,考虑平台进入市场后不同发展阶段的特征和目标,构建一个多阶段平台最优定价模型,从而实现平台在其发展的不同阶段内对其最优定价的动态调整.

本文的创新点主要体现在:1)创新性地将在线社交知识共享平台发展过程划分为初创期、成长期、成熟期三个阶段,综合考虑双边市场中知识供给方、消费方及知识产品三方群体之间的网络外部性、平台各阶段发展目标等因素,提出了多阶段平台最优定价模型;2)在线社交环境下,知识共享平台中网络外部性更加明显,知识分享者和消费者的社交行为和社交属性将为双边用户规模带来新的影响.本文模型创新性地考虑了知识产品固有属性及用户社交属性在平台定价中的影响;3)鉴于知识共享平台新引入的特征参数设置并无现成模型可参考,本研究针对在线社交知识共享平台的实际运营数据展开收集,并利用文本分析等技术手段对模型中的这些关键特征参数进行估计,这使得模型的数值求解结果更具有实际意

义.总体而言,本文的研究可进一步丰富双边市场的产品形态;探索更多元的平台定价影响因素并揭示这些因素在平台定价中的作用;拓宽新兴互联网平台定价中网络外部性的相关研究;推进平台多阶段定价决策研究的发展.这有助于填补在线社交知识共享经济平台定价体系上理论性和实用性的不足,具有科学意义.其次,本文充分考虑平台在不同发展阶段的特征和目标,可以更好地平衡知识共享市场中供应方、消费方和平台方的利益分配,这将有助于推动该商业模式的持续健康发展,具有重要的实践意义.

2 模型的建立

2.1 模型假设

以垄断市场为前提,基于产品生命周期理论^[40],针对互联网平台发展特征和规律,将在线知识共享平台的发展进程划分为初创期、成长期、成熟期三个阶段,并设定不同的发展目标.迄今,中国知识付费行业的总体发展被划分为元年阶段、爆发阶段和成熟发展阶段^[41,42],恰好对应了本文所界定的三个发展阶段,这表明本研究对平台发展阶段的划分和发展目标的确定符合知识付费平台发展的一般规律.其次,在本文的定价模型中,当期的定价策略会影响知识分享者、知识消费者以及知识产品的规模,且各方规模会随时间动态变化,而规模结果又将会作为下一个阶段这些变量的初始值,进而影响下一个阶段的定价决策.因此,这三阶段的定价问题具有一定内在关联性,而非完全独立.

知识共享平台通常包含两方用户,即知识分享者与知识消费者.由于平台中知识产品本身的特征也将影响双边用户的参与行为^[36],本文进而考虑了平台中第三方(即知识产品)对平台的影响.当前平台以用户生成内容(user generated content,UGC)为主,且未对外开放商业广告,因此本文未考虑平台方及广告商方的影响.现有在线社交平台所提供的社交功能,使得社交网络中的用户信息流得以实时更新,因用户间聚集行为所产生的羊群效应将影响知识交换行为^[35].因此,本文也将进一步考虑用户的组内网络外部性对知

识产品交易的影响. 不同的双边市场行业存在不同的收费方式, 知识共享平台作为一种新兴的双边市场, 其核心产品如知识产品、优质问答等主要来自于用户生成内容, 因此, 现有的绝大部分知识共享平台通常对双边用户采取免注册费接入方式, 以吸引大量优质用户加入平台. 鉴于知识消费者在购买知识产品时需支付一定费用, 假设在线社交知识共享平台仅对知识分享者一方用户收取交易费用, 知识消费者无需支付注册费或交易费, 即可加入平台进行知识消费. 这也与现有的主流知识付费平台的实际运营情况一致.

本文的定价模型主要基于 Xie 和 Sirbu^[43] 于 1995 年发表于 Management Science 的扩散模型

(diffusion model) 及后续的相关扩散模型^[35, 36, 44]. 在扩散模型^[43] 中假设用户规模的扩散和未满足需求 (即动态潜在需求与现有需求之差) 存在线性关系, 但如 Kalish^[45] 中指出, 一个公司的最优定价一般不会导致潜在需求小于现有需求, 因此用户的增长率与其未满足需求成正比关系. 后续的优化定价模型^[35, 36, 44] 均采用这一假设. 因此, 本文的定价模型也沿用了这一假设, 即双边市场中双边用户规模增长服从扩散过程, 用户规模的扩散速度 ($\dot{B}(t)$, $\dot{S}(t)$) 与未满足需求 (即潜在动态需求与当前需求之差) 成比例, 累积知识产品规模的扩散速度 ($\dot{K}(t)$) 取决于某一时刻下新知识产生与已有知识失效的瞬时数量. 此外, 模型中其他参数对应解释如表 1 所示.

表 1 模型参数描述

Table 1 Description of model parameters

参数名	解释
b, s, k	平台中的知识消费者、知识分享者和累积知识产品
$B(t), S(t), K(t)$	平台中消费者、分享者和知识产品的累积数量
$p_s(t)$	平台向分享者收取的每笔交易费用
$D_i(t)$	消费者和分享者在时刻 t 的动态需求函数, $i \in \{b, s\}$
$G_k(t)$	t 时刻下新知识的瞬时生成量
λ, μ	消费者、分享者状态方程的扩散率, $\lambda, \mu \in [0, 1]$
η	知识产品的时效性, $\eta \in [0, 1]$
θ	知识分享者在社交网络中的社交特征, $\theta \in [0, 1]$
b_1^1, b_2^1	初创期消费者、分享者对消费者的组内/组间网络效益参数
b_3^1, b_4^1	初创期消费者、分享者对分享者的组间/组内网络效益参数
r_s	分享者对平台所收取交易费用的敏感程度
r	折现率
α_i	用户规模组内网络外部性系数, $i \in \{b, s\}$
β_i	用户规模组间网络外部性系数, $i \in \{b, s\}$
γ_i	知识产品规模组间网络外部性系数, $i \in \{b, s\}$
b_1^2, b_2^2, b_3^2	成长期消费者、分享者和累积知识产品对消费者的组内/组间网络效益参数
b_4^2, b_5^2, b_6^2	成长期消费者、分享者和累积知识产品对分享者的组间/组内网络效益参数
c	每笔交易的单位成本或边际成本, 包含单位平均固定成本 (即平台运营的固定支出) 和单位可变成本 (如知识交换过程中按需发生的网络流量费用等).
b_1^3, b_2^3, b_3^3	成熟期消费者、分享者和累积知识产品对消费者的组内/组间网络效益参数
b_4^3, b_5^3, b_6^3	成熟期消费者、分享者和累积知识产品对分享者的组间/组内网络效益或损失参数.

双边用户和累积知识产品规模扩散模型的一般形式如下

$$\begin{aligned} \dot{B}(t) &= \lambda \{ D_b [B(t), S(t), K(t), \theta, \eta] - B(t) \} \\ \dot{S}(t) &= \mu \{ D_s [B(t), S(t), K(t), p_s(t), \theta, \eta] - S(t) \} \\ \dot{K}(t) &= G_k [B(t), S(t), K(t), \theta, \eta] - (1 - \eta) K(t) \end{aligned} \quad (1)$$

其中平台向分享者收取的每笔交易费用为 $p_s(t)$ 为决策变量. $D_i(t)$ ($i \in \{b, s\}$) 代表消费者和分享者在时刻 t 的动态需求函数 (其中包含平台中已存在的用户和那些可能从已有双边市场中获得正向效益, 从而未来会加入平台的潜在用户). $\lambda \in [0, 1]$ 、 $\mu \in [0, 1]$ 分别为消费者、分享者状

态方程的扩散率,即消费者、分享者规模的增长率与其未满足需求分别成比例为 λ 、 μ 的正比关系.不同阶段下, $D_i(t)$ ($i \in \{b, s\}$)及 $G_k(t)$ 的影响因素不同,扩散率取值也将存在差异.

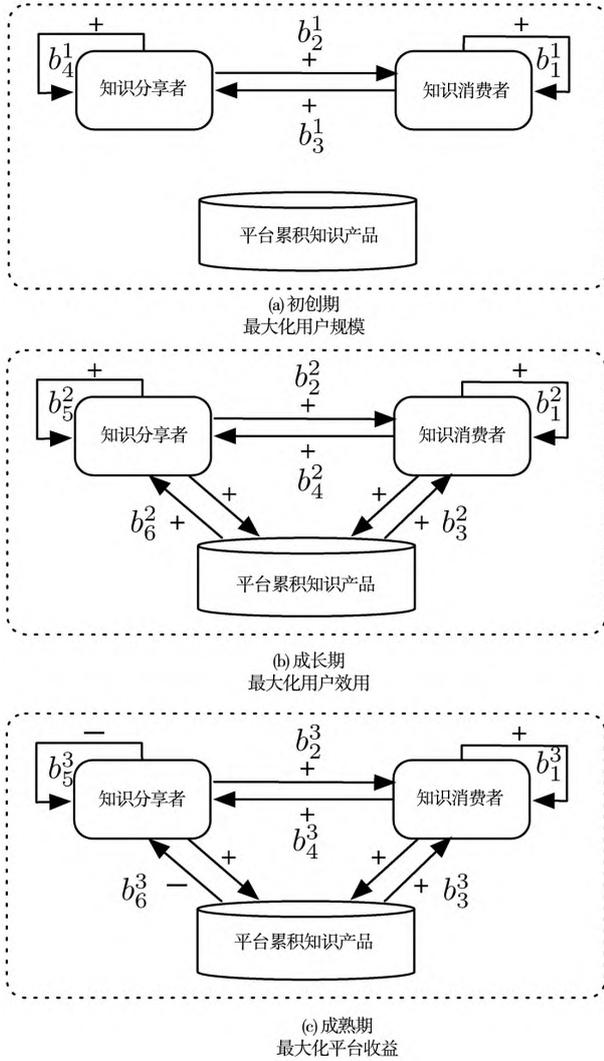


图1 平台各阶段网络外部性关系图

Fig. 1 Network effects at different stages

在线社交知识共享平台中存在的知识产品特征和社交网络属性也对扩散模型产生一定影响.对于知识产品的固有属性时效性($\eta \in [0, 1]$),时效性越低,代表知识产品的有效期限越短,更新频率越高.通常,基础科学相关知识产品(如基础学科知识点总结等)具备较长时效性,特定情境相关知识产品(如2022年双十一选购攻略等)具有较短时效性.在式(1)中, $1 - \eta$ 代表了累积知识产品的废弃率.另一方面,社交特征($\theta \in [0, 1]$)的值越高代表知识分享者越倾向持续参与

社区活动(如知识分享^[8]等),进而影响知识产品的数量^[8].平台不同发展阶段中,知识产品的时效性和社交特征值也将不同.

综上,式(1)中消费者需求函数 $D_b[B(t), S(t), K(t), \theta, \eta]$ 将受到现有消费者规模 $B(t)$ (受如羊群效应等原因影响)、现有分享者规模 $S(t)$ (涉及产品数量与质量的影响)、现有知识产品规模 $K(t)$ 、分享者的社交特征 θ 、知识产品有效性 η 等因素的影响;分享者的需求函数 $D_s[B(t), S(t), K(t), p_s(t), \theta, \eta]$ 除了受到上述因素的影响外,还受到平台向分享者收取的费用 $p_s(t)$ 的影响;考虑到在线社交知识共享平台中所存在的组内和组间网络外部性,潜在的知识产品规模 $G_k[B(t), S(t), K(t), \theta, \eta]$ 也将受到现有消费者规模 $B(t)$ 和分享者规模 $S(t)$ 、现有知识产品规模 $K(t)$ 、分享者的社交特征 θ 、知识产品有效性 η 等因素的影响.

2.2 多阶段最优定价模型

1) 初期模型

初期,平台规模较小,通常需投入大量资源开拓市场,积累用户基础^[6].因此,初期阶段平台运营目标为最大化用户规模,并通过 e^{-rt} 函数实现连续折现,折算出计划时间范围内运营目标的现值(present value), r 为折现率(discount rate),其不随时间变化,一般定义为正的常数.由于初期平台累积知识规模较小,累积知识产品的网络外部性及知识产品的时效性 η 和社交特征 θ 在初期暂不考虑.模型假设平台用户规模为促使潜在用户加入的主要动因,用户的潜在规模受双边用户组内及组间网络外部性(如图1(a)所示)、平台所收取交易费用的影响,该时期平台运营目标与规模状态方程为

$$\begin{aligned} \max_{p_s} \int_0^{t_1} e^{-rt} [B(t) + S(t)] dt \\ \dot{B}(t) &= \lambda \{ b_1^1 \sqrt{B(t)} + b_2^1 \sqrt{S(t)} - B(t) \} \\ \dot{S}(t) &= \mu \{ b_3^1 \sqrt{B(t)} + b_4^1 \sqrt{S(t)} - r_s (B(t) \times p_s(t))^2 - S(t) \} \\ \dot{K}(t) &= \frac{B(t)}{L + B(t)} \sqrt{S(t)} \end{aligned} \quad (2)$$

已有文献和实验表明现有消费者规模($B(t)$)和分享者规模($S(t)$)若采用简单线性关系或二次函数关系,容易导致均衡状态下知识分

享者、知识消费者及知识产品数量为 0. 因此, 本文借鉴现有文献^[35, 36]对分享者、消费者、知识产品规模选择平方根函数形式, 以增加函数凹性, 有助于获取均衡解. 基于已有研究^[35], 模型将采用价格 p_s 的二次项形式, 以满足“平台收费越高、用户潜在需求下降越快”这一假设; 同时, 这也有利于避免出现 Bang-Bang 控制问题^[35]. 对于分享者新分享的知识产品, 仅将存在交易记录的知识产品纳入平台累积知识产品池. 基于 Kim 和 Tse^[36]的研究, 本文假设在时间 Δt 内, 分享者创建 $\sqrt{S(t)}$ 数量的知识产品; 消费者存在 $B(t)/(L+B(t))$ 的意愿进行购买; L 为足够大的正常数, 以控制消费者的购买概率.

2) 成长期模型

成长期, 潜在用户加入平台的动机(如猎奇心、感知价值与成本、信息质量、社会声誉、社交互动等)较为复杂. 以高影响力(即高社交特征值 θ) 用户为例, 该类用户的参与将促使更多用户加入. 因此, 在用户现有规模的基础上, 用户的潜在规模进一步考虑了知识产品的时效性 η 和社交特征 θ 的影响. 知识产品质量及多样性的增强, 可满足用户对知识产品日益增长的需求, 进而提升用户从平台中所获取的效用. 成长期阶段, 平台运营目标为最大化用户效用, 分享者、消费者及累积知识产品之间的网络外部性如图 1 (b) 所示, 该时期平台运营目标与规模状态方程为

$$\begin{aligned} & \max_{p_s} \int_{t_1}^{t_2} e^{-rt} [U_b(t) + U_s(t)] dt \\ \dot{B}(t) &= \lambda \{ b_1^2 (1 + \theta) \sqrt{B(t)} + b_2^2 \sqrt{S(t)} + \\ & \quad b_3^2 \sqrt{K(t)} - B(t) \} \\ \dot{S}(t) &= \mu \{ b_4^2 (1 + \theta) \sqrt{B(t)} + b_5^2 \sqrt{S(t)} + \\ & \quad b_6^2 \sqrt{K(t)} - \frac{1}{1 + \theta} r_s (B(t) \times \\ & \quad p_s(t))^2 - S(t) \} \\ \dot{K}(t) &= \frac{B(t)}{L + B(t)} \sqrt{S(t)} - (1 - \eta) K(t) \end{aligned} \quad (3)$$

其中双边用户的效用函数 $U_i(t)$ 为

$$\begin{cases} U_b = \alpha_b B + \beta_b S + \gamma_b K \\ U_s = \alpha_s S + \beta_s B + \gamma_s K - p_s B \end{cases} \quad (4)$$

式中 $\alpha_i (i \in \{b, s\})$ 为用户规模组内网络外部性系数, $\beta_i (i \in \{b, s\})$ 为用户规模组间网络外部

性系数, $\gamma_i (i \in \{b, s\})$ 为知识产品规模组间网络外部性系数. 社交特征 θ 值越高, 用户在平台中越活跃, 粉丝效应(即关注者的数量)将对知识分享行为产生影响^[46]. 消费者对分享者的组间网络外部性有所提升; 羊群效应^[36]的存在, 消费者的组内网络外部性也随之增加; 同时, 边际效益也将降低分享者对平台收费价格的敏感程度. 由于平台中存在与特定情境相关而易于失效的知识产品, $(1 - \eta) K(t)$ 代表平台中已失去时效而被移除出平台累积知识产品池的知识产品.

3) 成熟期模型

成熟期, 平台用户结构稳定, 知识产品完善, 发展速度平稳, 收入增加并逐渐扭亏为盈, 因此该阶段平台运营目标为最大化平台收益. 成熟期下的平台, 知识产品的丰富度和质量的提升、分享者和消费者规模的增长, 均将吸引消费者加入; 而随着知识产品和分享者规模的累积, 将导致平台竞争愈发激烈, 分享者的分享意愿被抑制, 进而影响新知识产生的速度. 因此, 成熟期阶段累积知识产品规模将对分享者产生负向组间网络外部性, 对消费者仍具有正向组间网络外部性^[36](如图 1 (c) 所示). 该时期平台运营目标、规模状态方程为

$$\begin{aligned} & \max_{p_s} \int_{t_2}^{\infty} e^{-rt} [(p_s(t) - c) B(t) S(t)] dt \\ \dot{B}(t) &= \lambda \{ b_1^3 (1 + \theta) \sqrt{B(t)} + \frac{b_2^3}{1 + \eta} \sqrt{S(t)} + \\ & \quad b_3^3 (1 + \eta) \sqrt{K(t)} - B(t) \} \\ \dot{S}(t) &= \mu \{ b_4^3 (1 + \theta) \sqrt{B(t)} - b_5^3 \sqrt{S(t)} - \\ & \quad b_6^3 (1 + \eta) \sqrt{K(t)} - \frac{1}{(1 + \theta)(1 + \eta)} \times \\ & \quad r_s (B(t) \times p_s(t))^2 - S(t) \} \\ \dot{K}(t) &= \left(1 - \frac{(1 + \eta) K(t)}{M + K(t)} \right) \frac{B(t)}{L + B(t)} \times \\ & \quad \sqrt{S(t)} - (1 - \eta) K(t) \end{aligned} \quad (5)$$

其中 c 为每笔交易的单位成本或边际成本, 包含单位平均固定成本(即平台运营的固定支出)和单位可变成本(如知识交换过程中按需发生的网络流量费用等). 同时, 本文借鉴现有双边市场定价文献^[11, 47]将平台交易量定义为 $B(t) S(t)$.

知识共享平台中, 消费者效益的提高主要基

于累积知识产品规模的扩大以及分享者规模的扩大两种途径. 知识产品的时效性用以调节分享者、累积知识产品对消费者的组间网络外部性. 时效性 η 越高, 消费者越倾向从已有知识获取效益, 反之倾向从分享者获取效益^[36]. 这也将加剧潜在分享者之间的竞争; 知识产品时效期的延长, 使得分享者获取收益的周期延长, 进而降低分享者对平台收费价格的敏感程度. 新知识的产生源于分享者新分享的知识产品满足消费者需求的程度. 时效性越高, 消费者越倾向购买平台中已有知识而非新知识^④. 在时间 t 至 $t + \Delta t$ 内, 分享者将分享 $\sqrt{S(t)}$ 数量的知识, $B(t)/(L+B(t))$ 比例的消费者将选择购买, $(1+\eta)K(t)/(M+K(t))$ 代表平台中已有知识产品满足消费者需求的可能性, 其中 M 为足够大的正常数, 用以控制消费者需求得以满足的概率.

3 模型参数估算

3.1 实证数据描述

知乎 Live 作为国内最早、最成功的知识付费平台之一, 一推出便吸引社区用户的积极参与. 分享者以 Live 直播形式进行知识分享, 消费者购买 Live 后可在开讲过程中与分享者进行实时问答, 并可在 Live 结束后随时访问分享内容. Live 主页包含分享者资料、Live 简介、开始时间、评分、购买人数等信息. 点击分享者将跳转至知乎社区的个人页, 可查看认证信息、收到的赞同数、关注他的人等信息. 通过关注或私信, 用户可与其进行社交互动.

知乎 Live 的成功, 主要归因于创新的产品模式和成熟的知乎社区. 互动性和社交性也是 Live 区别于其它知识付费产品的重要特征. 在线社交知识共享平台中, 由于知乎 Live 在用户规模、产品规模、运营收入等方面均具有垄断市场势力, 本文仅考虑单寡头情形. 以知乎 Live 为研究对象, 通过爬虫采集了该平台自 2016 年 4 月 27 日至 2017 年 11 月 29 日的每日运营数据. 数据主要包含三部分: 1) 分享者个人社交数据(如关注他的

人、获得的赞同等); 2) 消费者数据(如消费者 ID、购买时间戳等); 3) Live 产品数据(如 Live 简介、创建时间等). 可利用上述数据估算模型部分参数(如扩散率、知识产品时效性和社交特征等).

表 2 数据变量描述

Table 2 Description of attributes

群体	属性	描述
知识分享者	分享数	知识分享者的回答被分享的数量
	赞同数	知识分享者的回答被赞赏的数量
	收藏数	知识分享者的回答被收藏的数量
	关注者的数量	知识分享者关注者的数量
	感谢数	知识分享者的回答被感谢的数量
知识消费者	购买时间	知识消费者购买 Live 的时间戳
累积知识产品	创建时间	一场 Live 被创建的时间戳
	结束时间	一场 Live 结束分享的时间戳
	描述	对知识产品内容的简要描述

3.2 用户规模的扩散率

本文以一场 Live 的创建时间、消费者的购买时间以及一场 Live 的结束时间分别作为分享者、消费者和知识产品接入平台的时间, 以此统计随时间积累的双边用户和知识产品规模. 图 2 描绘了消费者、分享者及知识产品三者规模的月度环比增长图, 其中, 分享者和知识产品规模以主坐标轴(即左坐标轴)绘制, 消费者规模则以次坐标轴(即右坐标轴)刻画.

为了后续更好地验证本文提出的平台定价模型, 本文主要参照知乎 Live 平台自成立以来的一些重要事件时间节点, 并配合所收集的平台运营数据, 统计和分析平台双边用户及知识产品的规模变化情况来划分平台不同阶段. 具体而言, 1) 初创期(2016-04-27—2016-09-22): 平台在推出 Live 产品初期, 通过在知乎社区加大宣传力度等方式, 迅速吸引了大量消费者加入. 2) 成长期(2016-09-23—2017-04-30): 自 2016 年 10 月, 平台加大引入外部知识分享者资源的力度. 同时, 2016 年 9 月知乎书店的上架, 也反映了知乎期望通过其社区资源实现知识付费平台化的

④ 知识产品作为一种新兴体验型产品, 存在信息不对称问题. 消费者可对消费过的知识产品进行评论和评分, 因此消费者倾向于购买平台中已有评论及评分的知识产品.

决心. 这一系列举动促进了分享者和知识产品规模的稳步提升. 另一方面, 如图 2 所示, 随着消费者对这一新兴知识产品的猎奇心理的减弱, 消费者月度环比增长率放缓, 而消费者总体规模仍处于稳步增长的状态. 3) 成熟期(2017-05-01—2017-11-29): 自 2017 年 5 月 1 日起, 知乎 Live 开始实施对每场 Live 收入收取 30% 服务费的政策, 即对分享者每笔交易所收取 30% 费用. 如图 2 所示, 由于平台收费仅向分享者收取, 自 2017 年 5 月以来, 分享者和知识产品规模月度环比增长量出现了显著的下降, 而消费者规模月度环比增长量趋于稳定.

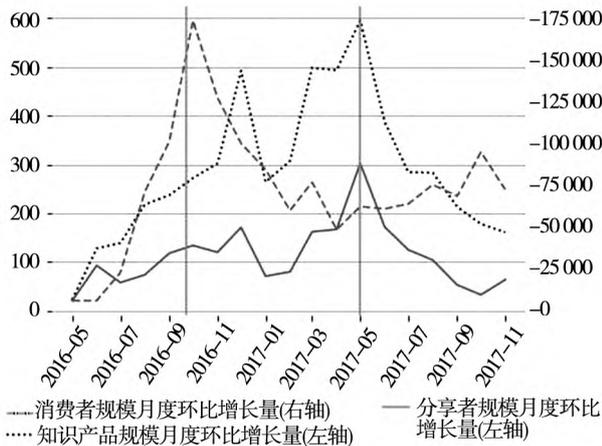


图 2 分享者、消费者和知识产品规模月度环比增长量图

Fig. 2 Month-on-month figure of bilateral users and knowledge products

表 3 各阶段用户规模的扩散率值

Table 3 Diffusion rates at different stages

发展阶段	分享者	消费者
初创期	0.26	0.10
成长期	0.15	0.08
成熟期	0.13	0.07

本文通过实证数据, 估算出了各阶段用户规模的扩散率. 首先, 对用户及知识产品规模进行对数化处理, 以减小量级差异, 消除异方差影响. 根据式(1), 消费者、分享者规模的增长速度与未满足需求呈正比. 本文以时间 $t + 1$ 下的用户规模 $I(t + 1)$, $I \in \{B, S\}$ 作为时间 t 下的潜在用户规模 $D_i(t)$, $i \in \{b, s\}$, 从而计算时刻 t 下的扩散率 $\lambda(t)$ 和 $\mu(t)$. 平台各阶段的扩散率 λ 和 μ 为阶段内所有扩散率 $\lambda(t)$ 和 $\mu(t)$ 的均值(如表 3 所示).

⑤ 文本分析具体流程需要者可向作者索要.

⑥ 知识产品时效性评分的开放性问卷需要者可向作者索要.

3.3 知识产品的时效性

目前知乎 Live 的分类依赖于分享者的主观人工判断, 一方面, 现有类别较繁杂, 各类别之间的界限较为模糊, 难以清晰界定, 且类别标签数据存在较多缺失值. 另一方面, 现有分类标签无标签对应的关键词, 这也将不利于用户对知识产品时效性的评估. 因此, 本文将基于每场 Live 的文本简介进行文本聚类, 从而计算不同类别知识产品的时效性. 知识产品时效性计算全流程如图 3 所示^⑤.

本文首先对文本数据进行数据预处理, 构建语料库词典; 随后, 计算 TF-IDF (term frequency-inverse document frequency) 文本特征矩阵及 Live 相似性矩阵, 以便实现后续图聚类; 通过非监督的马尔科夫聚类方法 MCL (Markov Clustering)^[48, 49], 对 Live 相似性矩阵所构成的带权无向图进行聚类. 经 MCL 聚类后共产生 110 个聚类簇, 人工剔除异常类后剩 53 类; 分别计算 53 个类中心的 TF-IDF 特征向量, 并采用层次聚类方法对类中心簇进行再聚类; 最终, Live 产品可分为 8 类, 并取 TF-IDF 值排前十名的关键词对各类进行描述. 本文通过网络问卷的形式, 统计了 100 位曾使用过知乎 Live 的用户对 8 类知识产品的时效性评分^⑥, 从而计算各类知识产品的时效性(如表 4 所示). 平台各阶段的时效性值, 为阶段内所有知识产品时效性的均值(如表 5 所示).

表 4 Live 分类及时效性

Table 4 Validity rate of each Live category

类别	时效性
艺术和生活方式	0.65
阅读与写作	0.64
专业技术	0.62
健康生活	0.64
商业	0.58
法律	0.59
技能分享	0.62
情感心理	0.59

表 5 各阶段知识产品的时效性估算值

Table 5 Validity rate at different stages

发展阶段	时效性
成长期	0.618
成熟期	0.62

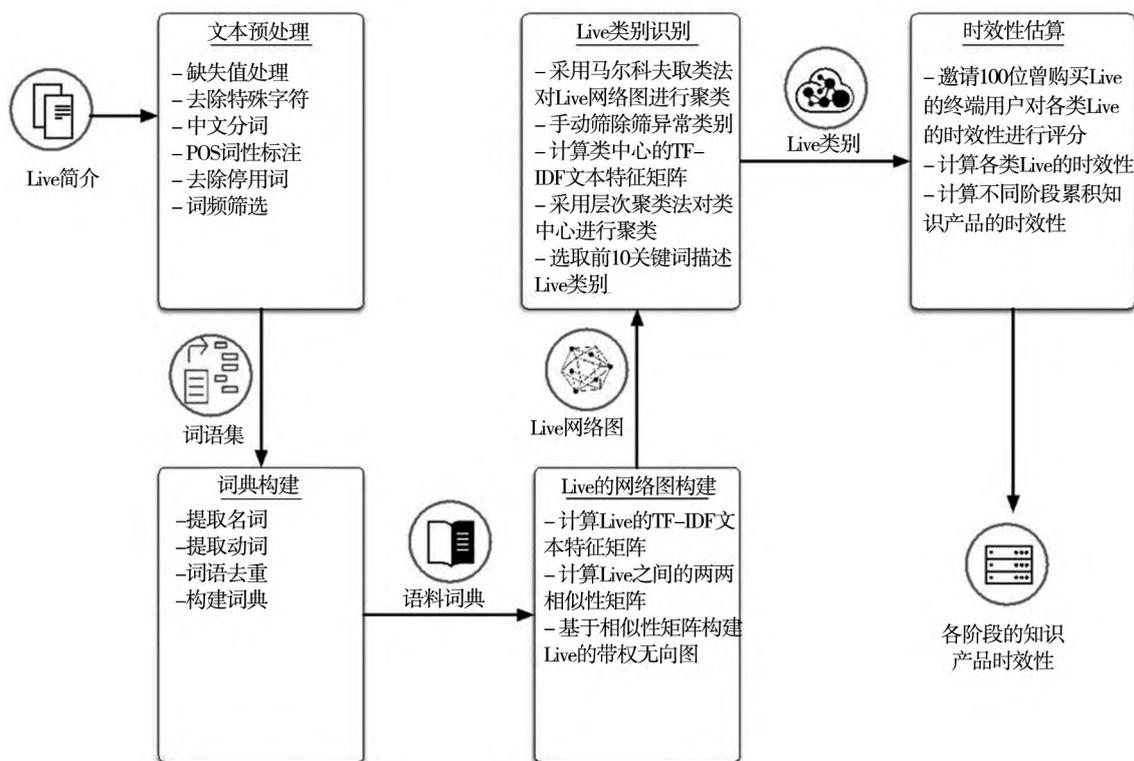


图3 知识产品时效性计算流程

Fig. 3 The process of calculating validity rate of knowledge products

3.4 知识产品的社交特征

知识产品的社交特征 θ 由分享者个人主页中关注他的人数、回答被分享数、获得的赞同数、回答被收藏数、获得的感谢数五项指标衡量,各指标的描述性统计分析略(有需要者可向作者索要)。本文首先对各项变量取对数,再进行 $[0, 1]$ 标准化处理,知识产品的社交特征值即为其分享者各项属性的均值。平台各阶段的社交特征值 θ_0 ,为阶段内所有知识产品社交特征的均值。考虑知识产品时效性 η 的影响,最终平台知识产品的社交特征值为 $\theta = \eta \times \theta_0$ (如表6所示)。

除扩散率、时效性及社交特征外,针对模型中无法通过实际数值进行估算的参数,本文参考已有文献^[31, 35, 36]进行参数值设置。Sun和Tse^[35]指出仅当网络外部性足够大时,平台才能超过临界值限制,并实现增长。因此,模型中部分参数(如网络效益系数 b_i 、概率控制参数 L, M 等)也将视具体数值进行调整。

表6 各阶段知识产品的社交特征估算值

Table 6 Social characteristics at different stages

发展阶段	社交特征
成长期	0.29
成熟期	0.25

4 模型求解与数值实验

基于最优控制理论^[50],本文的扩散模型可视为最优控制问题。根据 Pontryagin 最大值原理^[50],最优控制问题可转换为两点边值问题 TPBVP (two-point boundary value problem) 进行求解。本文 TPBVP 共包含6个微分方程和6个动态变量,且状态方程为非线性微分方程,难以求出解析解,因此,本研究将对其进行数值求解。MATLAB 提供了 TPBVP 的求解方法 bvp4c^[51],从而可实现对平台规模及最优定价路径的数值求解^⑦。

⑦ 模型求解具体过程需要者可向作者索要。

4.1 初创期平台定价策略

初创期内,每日新增 Live 较少,知识产品增长缓慢(如图 2 所示).由于累积知识产品规模较

小,消费者和分享者的网络外部性为吸引用户加入平台的主要动因.该阶段模型参数值设置如表 7 所示.

表 7 初创期模型参数取值

Table 7 Parameters and values at the start-up stage

参数	取值情况说明
t_1 (时间跨度/天)	本文取值 150,由实证数据计算获得.
λ, μ (扩散率)	本文取值 0.10, 0.26,由实证数据计算获得.
r (折现率)	本文取值 0.05,文献 ^[35,36] 均采用 0.05 为折现率参数.
r_s (价格敏感性)	本文取值 1.此参数为分享者对平台所收取交易费用的敏感程度.本文参考了文献 ^[36] 中的参数取值为 1.同时,进行了灵敏度分析,发现对最终结果均无影响.
L (调节消费者购买率)	本文取值 5 000,此参数为足够大的正常数,以控制消费者的购买概率.同时,对这一参数进行了灵敏度分析,结果表明这一参数仅会对平台累积知识产品数量产生影响,而不影响消费者、分析者稳态数值及平台定价策略.
$b_1^1, b_2^1, b_3^1, b_4^1$ (网络效益参数)	本文取值 20, 20, 10, 5.本文参考了现有文献 ^[13,51] 的取值范围,并对这些参数进行了灵敏度分析,结果发现并不影响最终的平台定价结果.
$B(0), S(0), K(0)$ (状态初始值)	本文取值 10, 10, 10.考虑到此参数不可为 0,根据本文实证数据购买者、分享者、知识产品的体量,选取一个较小的整数,以激活各状态方程.

初创期数值结果如图 4 所示,其中水平轴为时间(单位:天),纵轴为数值.消费者和分享者规

模均实现了快速增长.用户规模在时间 80 附近趋于稳定,稳态存在的原因因为网络外部性的饱和性.

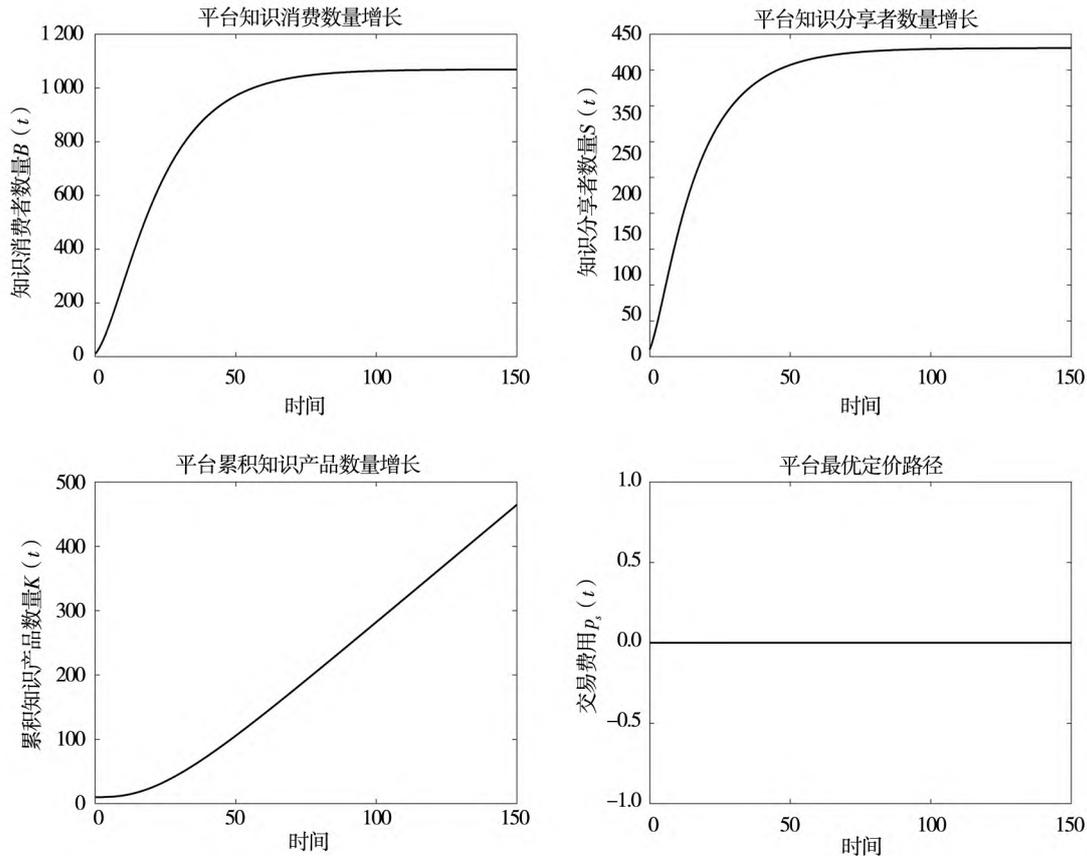


图 4 初创期数值结果

Fig. 4 Numerical results at the start-up stage

因分享者自身的广告宣传、口碑效应等因素所产生的影响,加之消费者规模基数较大,分享者规模的扩散率大于消费者。然而,由于用户对消费者的网络效益(b_1^1 及 b_2^1)大于其对分享者的效益(b_3^1 及 b_4^1),这将提升网络外部性的饱和空间,从而使得消费者增长幅度(初始值与稳态值之差)大于分享者。知识产品规模增长较快速,因一个分享者可分享多场 Live,所以阶段末知识产品规模略高于分享者规模。结果显示,在初创期平台对分享者不收取交易费用,用户接入平台的驱动因素为用

户规模网络外部性的自发影响。

4.2 成长期平台定价策略

在成长期,知识产品增长速度显著提升,平台用户及知识产品规模均实现较大涨幅。一方面,平台通过积极采取营销活动(如增加促销场次、实施价格优惠、加大宣传力度等)加快自身发展;另一方面,平台不断引入优质分享者资源,提升分享者规模的网络效益。平台愈发重视知识产品的内容及质量,以促进用户效用最大化。成长期模型参数值如表 8 所示。

表 8 成长期模型参数取值

Table 8 Parameters and values at the growth stage

参数	取值情况说明
t_2 (时间跨度/天)	本文取值 369,由实证数据计算获得。
λ, μ (扩散率)	本文取值 0.08, 0.15,由实证数据计算获得。
r (折现率)	本文取值 0.05,理由同表 7 所述。
θ (知识社交特征)	本文取值 0.29,由实证数据计算获得。
η (知识时效性)	本文取值 0.618,由实证数据计算获得。
r_s (价格敏感性)	本文取值 1,理由同表 7 所述。同上,本文在成长期进一步对这一参数进行了灵敏度分析,发现对最终结果均无影响。
L (调节消费者购买率)	本文取值 10 000。随着知识付费平台的发展,平台相较初创期已积累了更大规模的消费者,故此参数值比初创期大。同时,经过灵敏度分析,结果表明这一参数并不影响定价结论,只需保证足够大,能起到调节购买概率作用即可。
$b_1^2, b_2^2, b_3^2, b_4^2, b_5^2, b_6^2$ (网络效益)	本文取值 40, 40, 40, 15, 10, 10,理由同表 7 所述。此阶段,本文进一步对这些参数进行了灵敏度分析,结果发现网络效益的增长将降低平台价格补贴力度。
$\alpha_b, \alpha_s, \beta_b, \beta_s, \gamma_b, \gamma_s$ (网络外部性)	本文取值 0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2。本参数取值范围为 [0, 1],表示平台各方所带来的交叉网络外部性和自网络外部性。无明显证据显示这些参数值存在差异,故本文假设一致,均为 0.2。同时,经过灵敏度分析,结果表明高网络外部性将降低平台补贴力度,但最后结果会收敛至相同值。
$B(127), S(127), K(127)$ (状态初始值)	本文取值 1 069, 431, 465。此参数为上一阶段相应变量的终值。

成长期数值结果如图 5 所示。由于消费者(b_1^2 及 b_4^2)和分享者(b_2^2 及 b_5^2)对用户网络效益的增加、累积知识产品为用户带来新的网络效益(b_3^2 及 b_6^2),用户规模涨幅较上一阶段有所提升。网络外部性的饱和性,使得用户规模在时间 230 附近趋于稳定。知识产品规模呈现先下降后上升趋势。早期阶段,受限于平台分享者规模较小、消费者购买意愿不足、知识时效性有限等因素,新知

识产生的速度低于已有知识失去时效的速度,故知识产品规模呈下降趋势;但随着消费者和分享者规模的增加,新知识生成数量高于已有知识失去时效数量,知识产品规模在后期呈现上升趋势,并随用户规模的稳定而趋于稳定。结果显示成长期阶段,平台应为分享者的每笔交易提供一定价格补贴,以提升双边用户效用,并实现用户规模的进一步积累。这一结果也与平台实际运营情况相吻合。

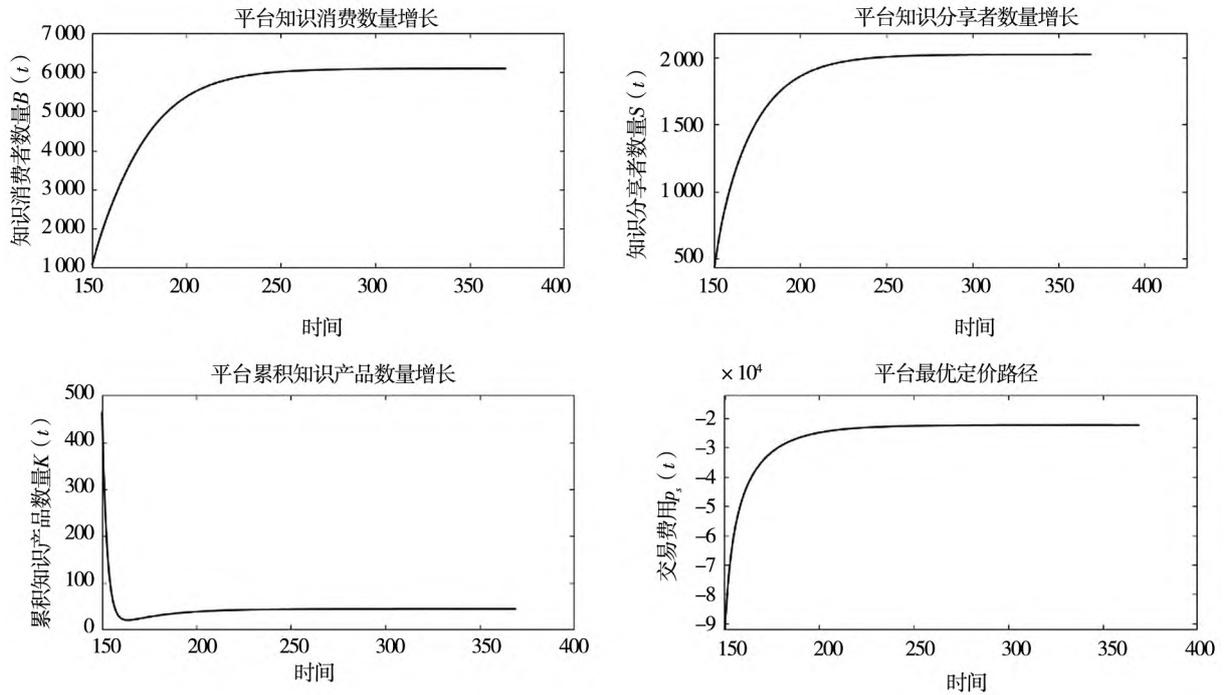


图 5 成长期数值结果

Fig. 5 Numerical results at the growth stage

4.3 成熟期平台定价策略

在成熟期, 用户及知识产品规模增速均有所放缓(如图 2 所示). 知乎 Live 平台自 2017 年 5

月开始对每场 Live 收入收取 30% 的服务费, 也意味着平台已将收益最大化作为成熟期阶段的运营目标. 成熟期模型参数值设置如表 9 所示.

表 9 成熟期模型参数取值

Table 9 Parameters and values at the maturity stage

参数	取值情况说明
λ, μ (扩散率)	本文取值 0.07, 0.13, 由实证数据计算获得.
r (折现率)	本文取值 0.05, 理由同表 7 所述.
θ (知识社交特征)	本文取值 0.25, 由实证数据计算获得.
η (知识时效性)	本文取值 0.62, 由实证数据计算获得.
c (单位交易成本)	本文取值 0.01. 此成本由单位固定成本及单位可变成本两部分构成. 已有文献将单位交易成本取值为 2 ^[35] , 但考虑到知识产品的特殊性, 边际成本较普通产品小, 因此本文取值 0.01.
r_s (价格敏感性)	本文取值 1, 理由同表 7 所述. 同上, 本文在成熟期对这一参数进行了灵敏度分析, 发现其会影响成熟期分享者、消费者、知识产品规模、最优定价的绝对值, 但各变量的变化趋势及到达稳态的时间均不受影响. 为同初创期和成熟期保持一致, 成熟期这一参数取值仍设置为 1.
M (调节消费者需求满足率)	本文取值 100. 本文参考了文献 ^[36] 中的数量级设置, 同时, 对这一参数进行了灵敏度分析, 结果表明这一参数并不影响定价结果, 只需保证足够大, 能起到调节消费者需求满足概率作用即可.
L (调节消费者购买率)	本文取值 20 000. 随着平台的发展, 成熟期已积累了更大规模的消费者, 故此参数值为三个时期中最大. 同时, 通过灵敏度分析发现, 这一参数并不影响定价结论, 只需保证足够大, 能起到调节购买概率作用即可.
$b_1^3, b_2^3, b_3^3, b_4^3, b_5^3, b_6^3$ (网络效益)	本文取值 70, 70, 70, 10, 5, 5, 理由同表 7 所述.
$B(369), S(369), K(369)$ (状态初始值)	本文取值 6 098, 2 027, 45. 此参数为上一阶段相应变量的终值.

成熟期数值结果如图6所示.在成熟期阶段,双边用户(b_1^3 及 b_2^3)和知识产品规模(b_3^3)对消费者的网络效益影响有所提升,但由于该阶段分享者和知识产品规模增幅较小或呈下降趋势,消费者规模涨幅较上一阶段有所下降.网络外部性的饱和性使用户规模在时间450附近实现稳态.阶段早期,消费者规模增长对分享者数量增加具有正向影响;阶段后期,由于消费者对分享者的网络效益影响(b_4^3)下降,分享者和知识产品规模为分享者带来网络损失(b_5^3 及 b_6^3)及平台对分享者收取交易费用,分享者规模也随之下降.

随着用户规模的增长,用户的分享意愿及消费意愿均有所增强,成熟阶段早期累积知识产品规模呈增长趋势.阶段后期知识产品规模呈下降趋势的原因有:一是分享者规模减少,消费者偏好购买已有知识,对新产品购买意愿不足,导致新产

品产生的速度缓慢;二是平台已有知识的时效性因市场饱和、产品竞争强度增加而降低,已有知识产品失效的速度大于新知识产生的速度,导致知识产品规模下降.结果显示成熟期,平台用户和知识产品规模的增长速度减缓,平台对分享者收取交易费用以实现盈利,这一策略也与平台实际情况基本相符.

综上所述,在初创期,平台受限于自身的发展规模,将采取免费策略吸引用户加入,积累用户规模;在成长期,平台将采取价格补贴策略,提升双边用户效用,进一步扩大用户规模;在成熟期,由于双边用户规模及知识产品规模已趋于稳定,平台将对分享者收取一定交易费用,从而实现盈利.上述结论也与知乎Live平台的实际运营情况符合,表明本文所提出模型的合理性和有效性.

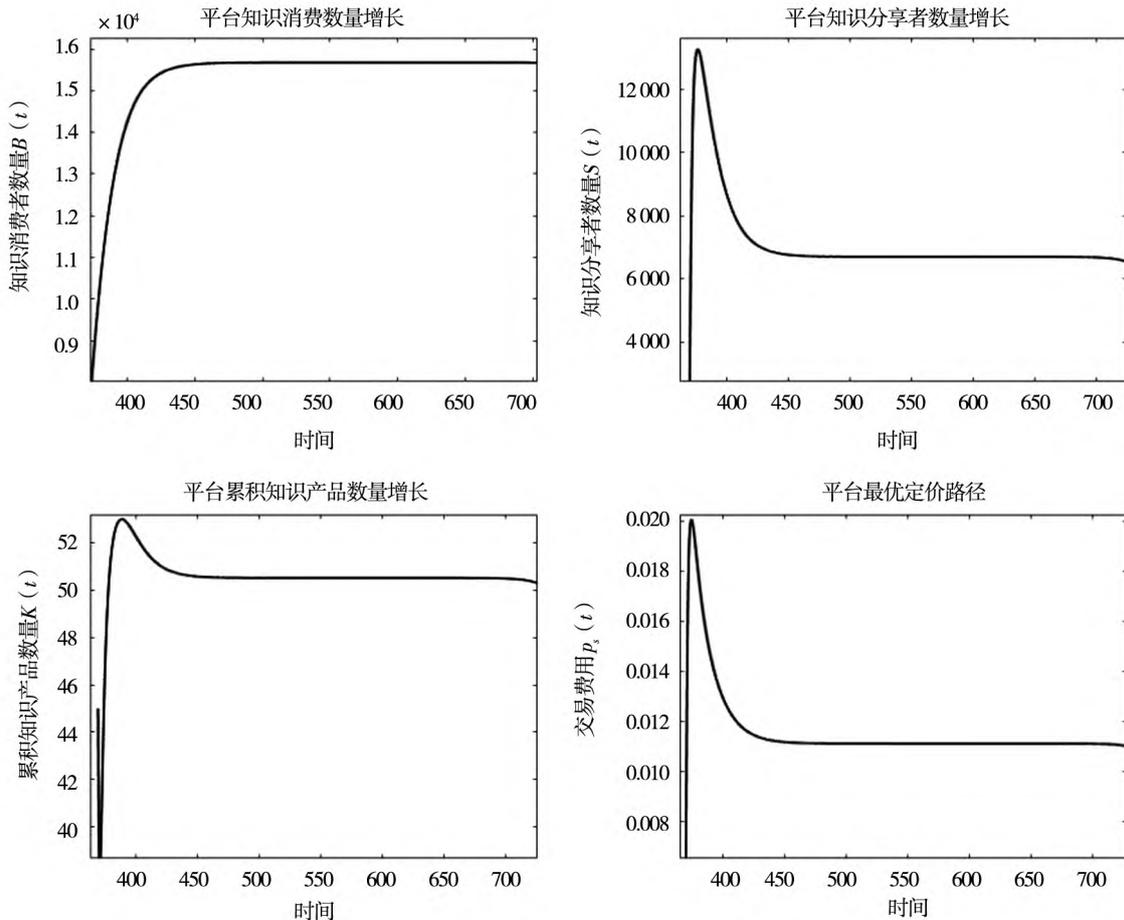


图6 成熟期数值结果

Fig. 6 Numerical results at the maturity stage

5 参数分析与模型讨论

5.1 扩散率及初始状态的影响

扩散率受平台的信息传播(如广告、口碑效应等)能力及分享者规模影响^[35].图7总结了各阶段扩散率增长或减小50%,用户及累积知识产品初始规模变化对平台的影响.

如图7所示,扩散率和规模初始状态的变化均不影响初创期阶段平台的免费策略;在成长期,规模初始状态变化对平台最优定价无影响,而随着扩散率的增长,平台信息传播力度增强,越来越多用户因广告宣传或口碑效应自发加入平台,将降低平台为吸引用户而进行价格补贴的力度;综上,在初创期和成长期,受限于网络外部性的饱和性,扩散率的增长仅加快了平台实现稳态的速度,不影响用户规模终值;而初始状态的变化对平台用户和知识产品规模均无影响.在成熟期,随着扩散率增长,分享者数量增加,可能造成的竞争加剧、劣币驱逐良币等现象,将导致平台规模趋于萎缩,为挽留可能流失的用户,平台将降低交易费用.而规模初始状态将正向影响稳态下平台的用户规模.当用户规模充足时,平台可

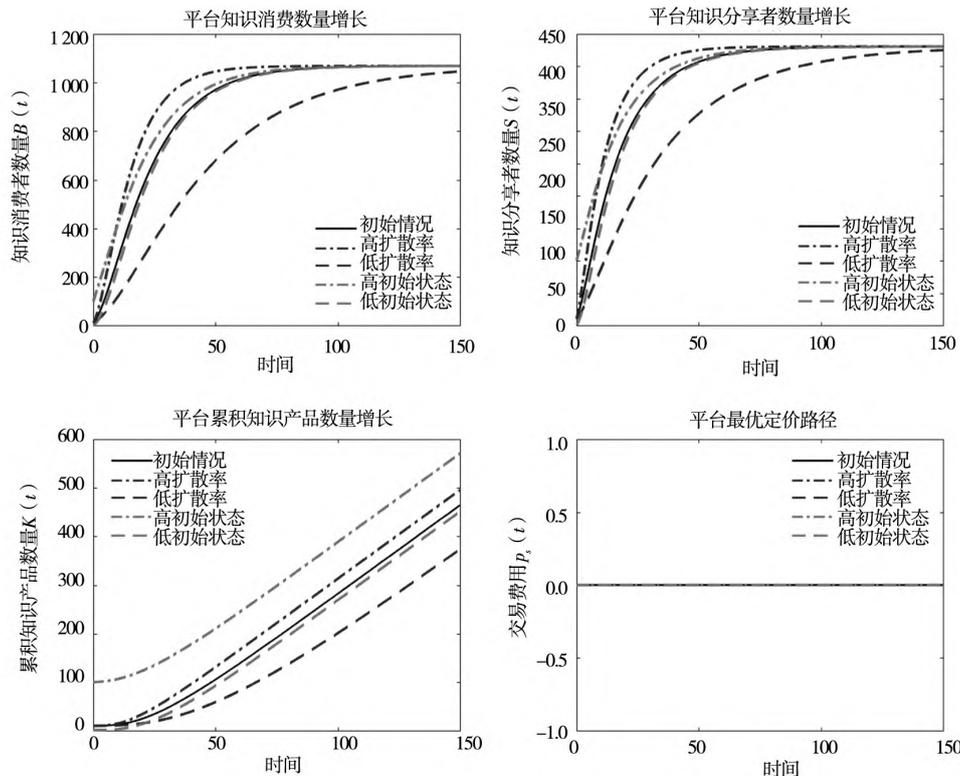
提高交易费用以获取更高收益.

5.2 知识产品时效性的影响

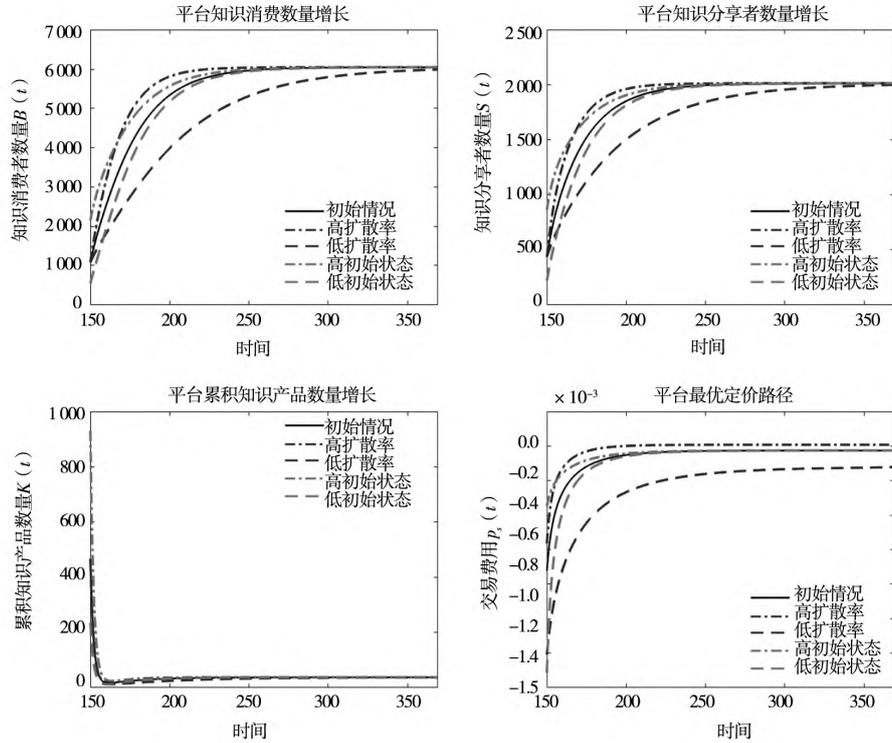
知识产品的时效性越低,代表其有效期限越短,更新频率越快.图8展示了各阶段知识产品时效性变化对平台的影响.时效性主要影响平台累积知识产品规模,并通过影响用户的分享意愿和消费意愿,进而影响平台用户规模.时效性的增长,有助于平台用户及知识产品规模的积累.在成长期,由知识产品时效性增长所引发的用户规模增长,可使得平台降低价格补贴力度;在成熟期,时效性增长,平台中累积知识产品规模增长,将吸引更多用户参与知识交易,增强用户参与意愿,有助于平台获取更高收益.

5.3 社交特征的影响

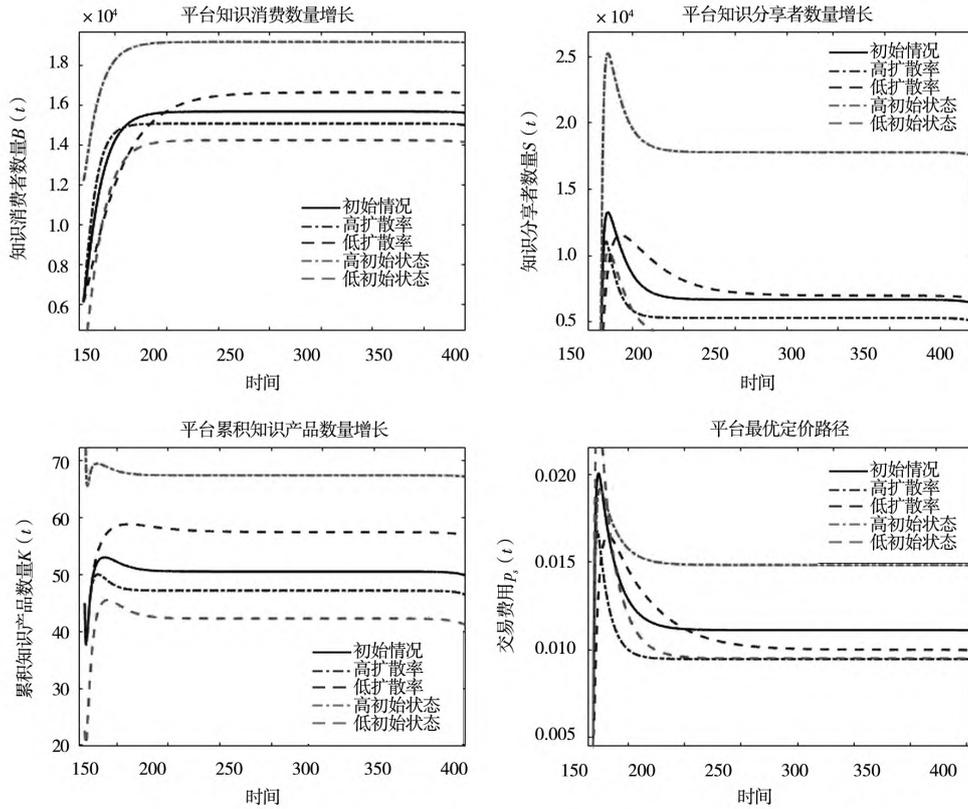
知识产品的社交特征越高,代表其分享者在平台中行为越活跃,具有越高的影响力,其中影响力由粉丝规模及专业能力两类因素构成.根据各阶段知识产品社交特征对平台的影响(如图8所示),社交特征主要影响平台用户规模,并通过影响用户的分享意愿和消费意愿,进而影响平台累积知识产品规模.社交特征的增长有助于平台用户及知识产品规模的积累.



(a) 初创期



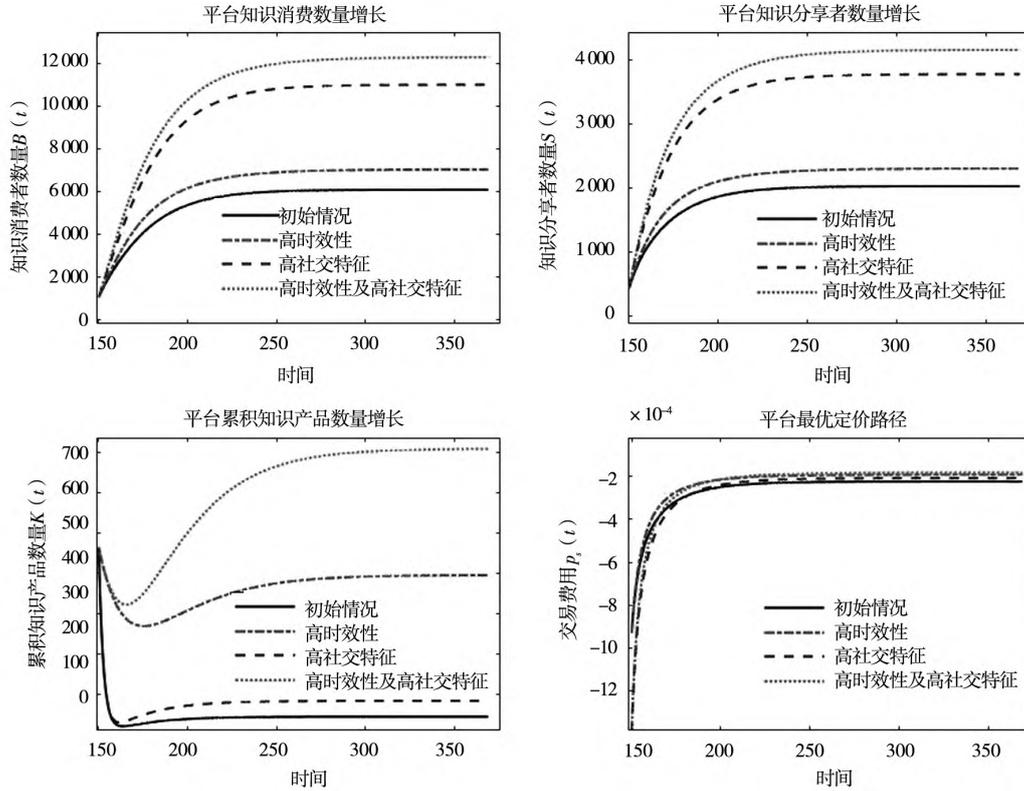
(b) 成长期



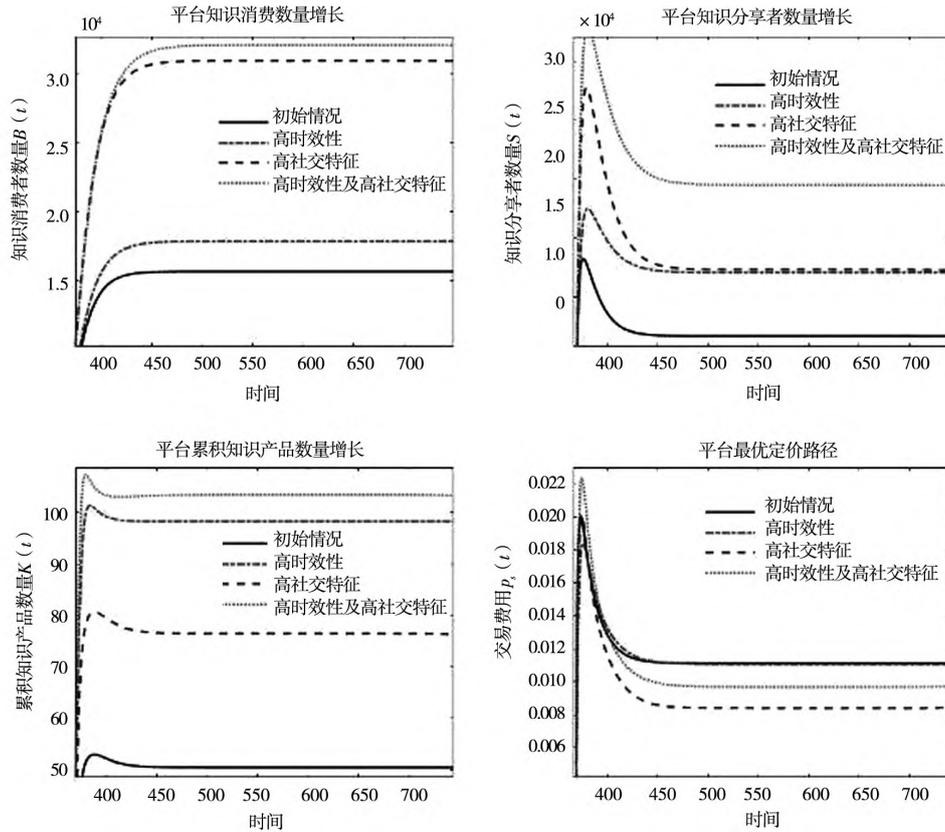
(c) 成熟期

图7 各阶段扩散率及初始状态对平台的影响

Fig. 7 The effect of diffusion rates and initial conditions on the platform at different stages



(a) 成长期



(b) 成熟期

图 8 各阶段知识产品时效性及社交特征对平台的影响

Fig. 8 The effect of validity rates and social characteristics on the platform at different stages

在成长期,社交特征增长所引发的用户规模增长,可使平台降低价格补贴力度,但因社交特征对用户规模影响更大,价格补贴力度减弱程度比时效性小;在成熟期,社交特征的增长意味着高影响力分享者的加入或高影响力用户分享意愿的增强。一方面,高影响力分享者的加入将加剧竞争程度;另一方面,高影响力不等同高质量,对于具备专业能力的高质量分享者而言,因竞争加剧导致成本效益比的提升,将降低其分享意愿,进而造成劣币驱逐良币现象,致使平台萎缩。因此,平台为挽留优质分享者,将降低交易费用,牺牲平台盈利。社交特征及时效性的同时增长,对平台规模、收费价格及最大化目标具有叠加影响。相较于时效性,社交特征对平台影响程度更大,即使成熟期阶段时效性增长提升了平台用户效用,但因社交特征增长所造成的收费和盈利下降,最终将导致平台亏损。

5.4 多阶段最优定价模型总结

1) 初创期模型总结

初创期定价实验结果表明,双边用户规模均实现了快速增长,并将趋于稳态,而知识产品规模在初创期增长速度较快,尚未达到稳态。因为一个分享者可分享多场 Live,阶段末知识产品规模略高于分享者规模。初创期仅讨论了扩散率和初始状态参数的影响。结果表明消费者和分享者扩散率的增长仅拓展用户获知平台信息的渠道,可加快平台实现稳态的速度,但对双边用户及知识产品的规模、平台用户规模最大化目标、免费定价策略均不产生影响。因此,当发展时长有限时,可通过提升扩散率,加速平台发展。

从知乎 Live 在初创期的实际运营情况上看,知乎 Live 产品经过 2016 年 5 月的试水,6 月~9 月增长稳定,最初 3 个月流水总计 3.3 亿元^⑧,而在此阶段,平台对双边用户均采用免费政策,Live 收入均归分享者所有。本文的最优定价结果建议平台在初创期对分享者不收取交易费用,即单位交易费用最优定价为 0,实行双边免费策略,该结论与平台实际运营情况相符。

2) 成长期模型总结

成长期定价实验结果表明,随着双边用户及累积知识产品对用户网络效益的增加,用户规模

较初创期有所提升。网络外部性的饱和性,使得双边用户规模在时间 230 附近趋于稳定。实验结果显示成长期阶段,平台应为分享者的每笔交易提供一定价格补贴,以提升双边用户效用。

成长期内,扩散率增长有助于用户自发加入行为,从而降低平台的价格补贴力度,而扩散率和初始状态参数的影响和初创期一致。因此,平台需重视成长期阶段的发展,倾注足够资源,促使成长期用户和知识产品规模的积累。另外,成长期还重点讨论了产品时效性和分享者社交特征的影响。结果表明时效性和社交特征的增长,有助于平台中双边用户及知识产品规模的积累。平台可通过提升时效性和社交特征,来降低平台价格补贴力度,以达到提升平台用户效用最大化目标。

从知乎 Live 在成长期实际运营情况上看,平台于 2016 年 9 月上线知乎书店,反应了知乎期望通过其社区资源实现知识付费平台化的决心。这一系列举动促进了分享者和知识产品规模的稳步提升。同时,自 2016 年 10 月,平台加大引入外部知识分享者资源的力度,如邀请诺贝尔奖经济学奖得主、Google X 创始人等重量级讲者举办 Live,并提供全程的同传服务。这段时期内,所有 Live 收入均归分享者所有,平台并未从中分成。但是,联络知名分享者并提供同传服务需要额外费用,这些都是平台对交易价格采取补贴的不同表现形式。本文最优定价模型建议平台在成长期应为分享者的每笔交易提供一定价格补贴,这也与平台实际运营情况相吻合。

3) 成熟期模型总结

成熟期定价实验结果表明,消费者规模仍持续增加,但涨幅较上一阶段有所下降。平台竞争加剧,开始出现劣币驱逐良币的现象。具体表现在,在成熟阶段早期,消费者规模增长对分享者和知识产品规模具有正向影响;但阶段后期,由于消费者对分享者的网络效益影响下降、分享者和知识产品规模为分享者带来网络损失、及平台对分享者收取交易费用,分享者规模也随之下降。扩散率和初始状态对成熟期定价策略的影响,和前面两个阶段较为不同。扩散率增长将加剧市场竞争,导

^⑧ 数据来源: <https://zhuannan.zhihu.com/p/22108474>

致平台中双边用户及知识产品规模减少。平台为挽留用户, 将降低交易费用, 而这将可能导致平台的最终亏损。相反, 成熟期的初始状态的增长对提升双边用户及知识产品规模、提高平台交易费用, 提升平台最终收益均起到积极的促进作用。在成熟期, 产品时效性的影响和成长期基本一致, 但社交特征的影响则和成长期不同。在成熟期, 社交特征的增长虽有助于平台中双边用户及知识产品规模的积累, 但将加剧市场竞争, 助长劣币驱逐良币现象。平台为挽留优质用户, 将降低交易费用, 而这将可能导致平台的最终亏损。

从知乎 Live 在成熟期实际运营情况上看, 《中国共享经济发展年度报告(2018)》指出^⑨, 2017 年诸多知识付费产品遭到市场冷遇, 社会大众对知识付费不乏“知识泛滥”、“伪知识”、“智商税”等质疑。49.7% 的知识付费消费者表示使用感受一般, 产品复购率和打开率并不理想。因此, 知乎 Live 开始要求分享者提供更多的身份证明和验证信息。定价策略方面, 自 2017 年 5 月 1 日起, 知乎 Live 开始实施对每场 Live 收入收取 30% 服务费的政策。同年 5 月, 知乎上线知乎市场, 为用户提供 Live、书店、付费咨询、私家课四类知识付费产品的统一接入口, 这表明知乎完成了从在线免费知识问答社区向在线知识付费共享平台的转型。而本文模型也建议平台在成熟期对分享者收取交易费用以实现盈利。因此, 模型结论和定价

策略也与平台成熟期实际情况相符。

综上, 平台在成长期可提升知识产品时效性和社交特征, 有效优化用户效用最大目标; 成熟期, 由于高质量分享者可为平台持续提供优质知识产品, 平台愿意降低对优质分享者的交易收费, 以留存用户, 实现可持续发展。为避免劣币驱逐良币现象, 平台可加强对分享者资质的审核, 平衡平台发展扩张与分享者和知识产品质量可控性。同时, 多样化用户分类方式, 针对不同用户实施价格歧视收取不同交易费用, 设计差异化价格策略, 在留存高质量用户的基础上实现盈利。

5.5 模型评估

通过梳理双边市场平台定价文献发现现有研究涉及到的模型或参数估计有效性验证的方面还十分稀少, 评估方式主要包括: 1) 列举实际案例佐证; 2) 与已有研究结论进行对比; 3) 同一研究中不同模型间进行对比, 一般选取定价问题中的一些重要指标, 通过改变不同的模型设定以及模型参数, 对指标结果进行比较和讨论。上文中已采用列举实际案例佐证的方式对定价模型有效性进行了说明。考虑到知识共享平台为新兴的商业模式, 现有文献中并没有和本研究情境完全一致的模型, 因此本文采用同一研究中不同模型间对比的方式, 通过构建对比模型, 对本文所提出的模型以及参数估计方法的有效性进行进一步验证。

表 10 对比性实验设计

Table 10 Experimental design for comparative analysis

定价策略	组间网络外部性	组内网络外部性	多阶段决策	社交属性	知识产品时效性	模型参数估计方法
本文模型	√	√	√	√	√	实证数据
模型 1	√	√	√			实证数据
模型 2	√	√	√			假设
模型 3	√		√			假设
模型 4	√	√		√	√	假设
模型 5	√				√	假设
模型 6	√				√	假设
模型 7	√	√				假设
模型 8	√					假设

具体而言, 围绕本文的几个主要创新点, 通过不同的模型设置以及参数求解方法, 构建了 8 个

对比模型(如表 10 所示), 并从平台利润、与实际情况匹配度、扩散模型是否达到稳态等方面对比了

^⑨ 国家信息中心, 《中国共享经济发展年度报告(2018)》, 2018 - 02, <http://www.sic.gov.cn/archiver/sic/upfile/files/default/20180320144901006637.pdf>

本文模型和8个对比模型的表现.其中,模型1~模型3为多阶段定价模型,模型4~模型8为全周期模型,多阶段模型的各阶段优化目标同本文一致.模型2~模型8中,参数取值主要来自于同本文研究情境最相近的文献^[36].实验结果表明,本文模型在以上三个方面表现均优于其他对比模型(略,需要者可向作者索要).因此,本文所提出的模型构建和参数估算方法的有效性和先进性得到了进一步验证.

6 结束语

知识共享经济是移动互联网环境下新技术发展与应用催生出的新型商务模式,不仅具有传统电子商务特点,还融合了知识交易、社交网络、大数据等诸多特征.本文基于双边市场最优定价理论,以在线社交知识共享平台为研究对象,结合平台知识产品固有属性和用户社交特征,构建多阶段最优定价模型.基于知乎 Live 实际运营数据,通过文本分析、聚类分析等方法,估算了部分模型参数,实现模型数值求解,并通过灵敏度分析探索了关键参数对平台规模及最优定价的影响.平台可利用本文模型,分析和探索决策变量对平台定价的影响,并求解最优定价结果,从而为平台收费价格的制定提供合理依据,为平台运营提供有效管理决策支持.本文主要结论如下:

1) 受限于网络外部性的饱和影响,平台在初创期及成长期的宣传措施,并不影响平台规模及用户效用,仅有利于加快平台积累用户、实现稳态的速度;在成熟期阶段,平台通过广告宣传吸引大量用户加入,分享者数量增加将导致竞争加剧,且此时分享者往往鱼龙混杂,低质量分享者以低质、低成本快速抢占市场份额,压缩优质分享者的利润空间.因此,当发展时长有限时,平台可在初创期和成长期通过加强广告宣传、提升口碑效应等

方式,加速发展进程.在成熟期,平台更应加强对分享者专业资质的审核,实现平台发展扩张与分享者规模可控性之间的平衡.

2) 知识产品的时效性和社交特征所影响的平台主体不同.知识产品的时效性主要影响平台累积知识产品规模,通过知识规模进一步影响用户的分享意愿和消费意愿,从而影响平台中双边用户的规模;社交特征主要影响平台用户规模,通过影响用户的分享意愿和消费意愿,进而影响平台累积知识产品规模.时效性与社交特征对平台规模、收费价格及最大化目标将产生叠加影响,且社交特征对平台的影响程度更大.在成熟期,社交特征的增长将加剧平台竞争,从而导致劣币驱逐良币现象.平台应进一步丰富用户分类评级方法,对不同资质水准用户实施差异化价格策略,以实现平台盈利.

3) 知识产品质量及有效时长是保障平台长期良性发展的重要因素,而因粉丝规模经济所引发的平台规模增长,最终将导致平台盈利下降,甚至出现亏损现象.为实现长期盈利,平台应投入充足资源,以保障成长期阶段平台规模的积累;加强对分享者专业资质的审核,保障优质知识产品的持续输出;优化用户评级方法,对优质分享者采取差异化定价策略;鼓励分享者的自我宣传,减少双边用户之间的信息不对称.

然而,本研究尚存在一定局限性:1) 本文以知乎 Live 一家平台实际运营数据所得的研究结果具有局限性,未来将进一步收集其它平台数据,以验证模型的普适性;2) 除交易收费外,越来越多平台开始推出付费订阅模式,这也是可扩展的一大收费方向;3) 尽管知乎 Live 在实时语音互动问答市场中具有垄断地位,但随着知识共享产品形式和功能的不断丰富,市场中竞争品逐渐增加,竞争环境下的平台定价问题也值得进一步探索.

参考文献:

- [1] 殷实. 中国泛知识付费市场专题分析 2019 [R]. 北京: 易观分析, 2019-12-13.
Yin Shi. Special Analysis of China's General Knowledge Payment Market in 2019 [R]. Beijing: Analysys, 2019-12-13. (in Chinese)
- [2] 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.

- Hua Zhongsheng. Platform service and its management problems in the network environment [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2013, 16(12): 1–12. (in Chinese)
- [3]周波. 知识交易的定价[J]. *经济研究*, 2007, (4): 79–89.
Zhou Bo. The pricing of knowledge transaction [J]. *Economic Research Journal*, 2007, (4): 79–89. (in Chinese)
- [4]Duan W, Gu B, Whinston A B. Information cascades and software adoption on the internet: An empirical investigation [J]. *MIS Quarterly*, 2009, 33(1): 23–48.
- [5]Sun H. A longitudinal study of herd behavior in the adoption and continued use of technology [J]. *MIS Quarterly*, 2013, 37(4): 1013–1042.
- [6]于艳娣. 2020年音频泛知识付费市场分析报告[R]. 北京: 易观分析, 2021-01-08.
Yu Yandi. Analysis Report on Audio General Knowledge Payment Market in 2020 [R]. Beijing: Analysys, 2021-01-08. (in Chinese)
- [7]艾瑞咨询. 2018年中国在线知识付费市场研究报告[R]. 上海: 艾瑞咨询, 2018-03-28.
iResearch. Research Report on China Online Knowledge Payment Market in 2018 [R]. Shanghai: iResearch, 2018-03-28. (in Chinese)
- [8]Jin J H, Li Y J, Zhong X J, et al. Why users contribute knowledge to online communities: An empirical study of an online social Q&A community [J]. *Information & Management*, 2015, 52(1): 840–849.
- [9]Dutta S. Analyzing consumer intention to pay for online content: A systematic approach [J]. *Journal of Theoretical Applied Information Technology*, 2012, 38(1): 89–102.
- [10]Caillaud B, Jullien B. Chicken & egg: Competition among intermediation service providers [J]. *The RAND Journal of Economics*, 2003, 34(2): 309–328.
- [11]Rochet J C, Tirole J. Two-sided markets: A progress report [J]. *The RAND Journal of Economics*, 2006, 37(3): 645–667.
- [12]Armstrong M. Competition in two-sided markets [J]. *The RAND Journal of Economics*, 2006, 37(3): 668–691.
- [13]Albuquerque P, Pavlidis P, Chatow U, et al. Evaluating promotional activities in an online two-sided market of user-generated content [J]. *Marketing Science*, 2012, 31(3): 406–432.
- [14]Hagiu A, Spulber D. First-party content and coordination in two-sided markets [J]. *Management Science*, 2014, 59(4): 933–949.
- [15]Rochet J C, Tirole J. Platform competition in two-sided markets [J]. *Journal of the European Economic Association*, 2003, 1(4): 990–1029.
- [16]Guo H, Easley R F. Network neutrality versus paid prioritization: Analyzing the impact on content innovation [J]. *Production and Operations Management*, 2016, 25(7): 1261–1273.
- [17]Anderson E G, Parker G G, Tan B. Platform performance investment in the presence of network externalities [J]. *Information Systems Research*, 2014, 25(1): 152–172.
- [18]程贵孙, 陈宏民, 孙武军. 双边市场下电视传媒平台兼并的福利效应分析 [J]. *管理科学学报*, 2009, 12(2): 9–18.
Cheng Guisun, Chen Hongmin, Sun Wujun. Analysis of the welfare effects of television media platform merger in two-sided markets [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2009, 12(2): 9–18. (in Chinese)
- [19]张凯, 李华琛, 刘维奇. 双边市场中用户满意度与平台战略的选择 [J]. *管理科学学报*, 2017, 20(6): 42–63.
Zhang Kai, Li Huachen, Liu Weiqi. Competition in two-sided platforms considering agent's satisfaction [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2017, 20(6): 42–63. (in Chinese)
- [20]王强, 陈宏民. 平台收费对网上交易市场价格离散的影响 [J]. *管理科学学报*, 2013, 16(3): 1–9.
Wang Qiang, Chen Hongmin. Effects of platform charges on price dispersion in online markets [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2013, 16(3): 1–9. (in Chinese)

- [21]刘志勇,李敏强,寇纪淞. 网络外部性因素影响下信息产品版本化策略研究[J]. 管理科学学报,2015,18(7): 13-26.
Liu Zhiyong, Li Minqiang, Kou Jisong. Versioning information products in the presence of network externality[J]. Journal of Management Sciences in China, 2015, 18(7): 13-26. (in Chinese)
- [22]易余胤,李贝贝. 考虑交叉网络外部性的视频平台商业模式研究[J]. 管理科学学报,2020,23(11): 1-22.
Yi Yuyin, Li Beibei. Video platform business model with positive and negative cross-network externalities[J]. Journal of Management Sciences in China, 2020, 23(11): 1-22. (in Chinese)
- [23]Li S L, Liu Y P, Bandyopadhyay S. Network effects in online two-sided market platforms: A research note[J]. Decision Support Systems, 2010, 49(2): 245-249.
- [24]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.
- [25]Li Y, Courcoubetis C A, Duan L, et al. Optimal pricing for peer-to-peer sharing with network externalities[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2020, 29(1): 148-161.
- [26]Feng N, Chen J, Feng H, et al. Optimal product selection and pricing strategies for platform vendors under two-sided network effects[J]. Electronic Commerce Research and Applications, 2020, (43): 100990.
- [27]Gao M. Platform pricing in mixed two-sided markets[J]. International Economic Review, 2018, 59(3): 1103-1129.
- [28]陈斐然,朱道立. 垄断双边平台的价格策略和数量策略设计问题[J]. 管理科学学报,2021,24(3): 18-31.
Chen Feiran, Zhu Daoli. Price strategy and network-size allocation strategy in monopoly two-sided platform[J]. Journal of Management Sciences in China, 2021, 24(3): 18-31. (in Chinese)
- [29]李永立,刘超,樊宁远,等. 众筹平台上网络外部性的价值度量模型[J]. 管理科学学报,2020,23(6): 44-58.
Li Yongli, Liu Chao, Fan Ningyuan, et al. Value measurement model of network externality in a crowdfunding platform[J]. Journal of Management Sciences in China, 2020, 23(6): 44-58. (in Chinese)
- [30]邱甲贤,聂富强,童牧,等. 第三方电子交易平台的双边市场特征——基于在线个人借贷市场的实证分析[J]. 管理科学学报,2016,19(1): 47-59.
Qiu Jiaxian, Nie Fuqiang, Tong Mu, et al. Two-sided characteristics of the third-party electronic market: Evidence from online peer-to-peer lending marketplace[J]. Journal of Management Sciences in China, 2016, 19(1): 47-59. (in Chinese)
- [31]Kaiser U, Wright J. Price structure in two-sided markets: Evidence from the magazine industry[J]. International Journal of Industrial Organization, 2006, 24(1): 1-28.
- [32]Wilbur K C. A two-sided, empirical model of television advertising and viewing markets[J]. Marketing Science, 2008, 27(3): 356-378.
- [33]Rysman M. Competition between networks: A study of the market for yellow pages[J]. The Review of Economic Studies, 2004, 71(2): 483-512.
- [34]Zhou Y Y. Bayesian estimation of a dynamic model of two-sided markets: Application to the u. s. video game industry[J]. Management Science, 2017, 63(11): 3874-3894.
- [35]Sun M C, Tse E. When does the winner take all in two-sided markets? [J]. Review of Network Economics, 2007, 6(1): 16-40.
- [36]Kim K, Tse E. Dynamic competition strategy for online knowledge-sharing platforms[J]. International Journal of Electronic Commerce, 2011, 16(1): 41-76.
- [37]Garcia A, Sun Y, Shen J. Dynamic platform competition with malicious users[J]. Dynamic Games and Applications, 2014, 4(3): 290-308.
- [38]Filippas A, Gramstad A R. A Model of Pricing in the Sharing Economy: Pricing Dynamics with Awareness Generating Adoptions[C]. Thirty Seventh International Conference on Information Systems, Atlanta: AIS Press, 2016: 10-26.

- [39]Chen Y , Hu M. Pricing and matching with forward-looking buyers and sellers [J]. *Manufacturing & Service Operations Management* ,2020 ,22(4) : 717 - 734.
- [40]Kalish R. International investment and international trade in the product cycle [J]. *International Executive* ,1966 ,80(2) : 190 - 207.
- [41]艾媒新经济产业研究中心. 2020 年中国知识付费行业运行发展及用户行为调研分析报告 [R]. 广州: 艾媒咨询 , 2020 - 02 - 14.
iiMedia Research. Research and Analysis Report on the Operation and User Behavior Survey of Knowledge Paying Industry in China in 2020 [R]. Guangzhou: iiMedia Research ,2020 - 02 - 14. (in Chinese)
- [42]戈书晟. 2019 年中国互联网知识付费行业概览 [R]. 南京: 头豹研究院 ,2019.
Ge Shusheng. Overview of China's Onine Knowledge Payment Industry in 2019 [R]. Nanjing: Leadleo. com ,2019. (in Chinese)
- [43]Xie J H , Sirbu M. Price competition and compatibility in the presence of positive demand externalities [J]. *Management Science* ,1995 ,41(5) : 909 - 926.
- [44]Kim K , Tse E. Search engine competition with a knowledge-sharing service [J]. *Decision Support Systems* ,2014 ,66(1) : 180 - 195.
- [45]Kalish S. Monopolist pricing with dynamic demand and production cost [J]. *Marketing Science* ,1983 ,(2) : 135 - 159.
- [46]国家信息中心. 中国共享经济发展报告 [R]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/jd/wsdwhfz/202102/t20210222_1267536_ext.html ,2021.
- [47]Dou G W , Lin X D , 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.
- [48]Enright A J , Dongen S V , Ouzounis C A. An efficient algorithm for large-scale detection of protein families [J]. *Nucleic Acids Research* ,2002 ,30(7) : 1575 - 1584.
- [49]Wang Q , Li B B , Singh P V. Copycats versus original mobile apps: A machine learning copycat detection method and empirical analysis [J]. *Information Systems Research* ,2018 ,29(2) : 273 - 291.
- [50]Aseev S M , Kryazhinskiy A V. The pontryagin maximum principle and transversality conditions for a class of optimal control problems with infinite time horizons [J]. *SIAM Journal on Control and Optimization* ,2004 ,43(3) : 1094 - 1119.
- [51]Kierzenka J , Shampine L F. A BVP solver based on residual control and the MATLAB PSE [J]. *ACM Transactions on Mathematical Software* ,2001 ,27(3) : 299 - 316.
- [52]Hagiu A. Two-Sided Platforms: Pricing and Social Efficiency [Z]. Japan: RIETI Discussion Paper Series 04-E-035 , Research Institute of Economy , Trade and Industry ,2004.
- [53]纪汉霖. 双边市场定价方式的模型研究 [J]. *产业经济研究* ,2006 ,(4) : 11 - 20.
Ji Hanlin. Research of pricing mode of two-sided markets [J]. *Industrial Economics Research* ,2006 ,(4) : 11 - 20. (in Chinese)
- [54]Belleamme P , Toulemonde E. Negative intra-group externalities in two-sided markets [J]. *International Economic Review* , 2009 ,50(1) : 245 - 272.
- [55]程贵孙. 单边收费还是双边收费: 双边市场中媒体定价模式选择 [J]. *管理工程学报* ,2011 ,(1) : 203 - 208.
Cheng Guisun. One-sided or two-sided fee: The choice of pricing modes in media two-sided markets [J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management* ,2011 ,(1) : 203 - 208. (in Chinese)
- [56]Hagiu A , Halaburda H. Information and two-sided platform profits [J]. *International Journal of Industrial Organization* , 2014 ,34(1) : 25 - 35.
- [57]Ambrus A , Calvano E , Reisinger M. Either or both competition: A "two-sided" theory of advertising with overlapping viewerships [J]. *American Economic Journal: Microeconomics* ,2016 ,8(3) : 189 - 222.
- [58]段文奇 ,柯玲芬. 利用临界用户规模提升平台利润的定价策略 [J]. *管理科学学报* ,2019 ,22(12) : 40 - 55.

Duan Wenqi , Ke Lingfen. Pricing strategy to increase two-sided platform profit by exploiting critical mass [J]. Journal of Management Sciences in China , 2019 , 22(12) : 40 – 55. (in Chinese)

[59] 胥 莉 , 王耀斌 , 陈 丽. 广告支持型双边市场的网络效应——即时通讯市场的实证分析 [J]. 系统管理学报 , 2008 , (6) : 615 – 621.

Xu Li , Wang Yaobin , Chen Li. Network effects of advertise supported two-sided market: Evidence from chinese instant messages markets [J]. Journal of Systems & Management , 2008 , (6) : 615 – 621. (in Chinese)

[60] Argentesi E , Filistrucchi L. Estimating market power in a two-sided market: The case of newspapers [J]. Journal of Applied Econometrics , 2007 , 22(7) : 1247 – 1266.

[61] Gallagher J M , Wang Y M. Understanding network effects in software markets: Evidence from web server pricing [J]. MIS Quarterly , 2002 , 26(4) : 303 – 327.

Multi-stage optimal pricing strategies for online social knowledge-sharing platforms

*FU Xin*¹ , *SUN Jing*² , *CAI Shun*^{3*} , *LAI Jin-kai*¹

1. School of Management , Xiamen University , Xiamen 361005 , China;

2. Deloitte Consulting (SHANGHAI) Company Limited , Shanghai 200002 , China;

3. Faculty of Business , City University of Macau , Macau 999078 , China

Abstract: The emerging knowledge-sharing economy provides an innovative model and efficient channel for knowledge production , trading , and dissemination. To promote the sustainable development of this new business model , this paper proposes a multi-stage optimal pricing model by considering the characteristics of two-sided markets and the validity rates and social characteristics of knowledge products. The model parameters are estimated and numerical solutions are conducted through an empirical dataset that collected from Zhihu Live. The results indicate that: 1) The derived optimal pricing strategies are consistent with the actual scenarios of the knowledge-sharing platform , and comparative analysis with other models proves the advancement and effectiveness of the model; 2) The diffusion rates and initial scales of users have no significant impact on the pricing strategies in the start-up and growth stages , while the initial scale of users has a positive effect on platform revenues in the maturity stage; 3) The validity rates and social characteristics of knowledge products affects different parties of the platform. The validity rates positively influence the development and operation of the platform. In addition , although social characteristics have a positive impact on the growth stage , a negative impact on the maturity stage is also observed. In particular , the validity rates and social characteristics have a cumulative effect on the platform , and social characteristics have a stronger effect than validity rates.

Key words: knowledge-sharing platforms; two-sided markets; online knowledge communities; multi-stage pricing model