

# 考虑发起者质量改进努力和平台增值服务的产品 众筹最优决策与协调

屈绍建<sup>1</sup>, 祝剑利<sup>2</sup>

(1.南京信息工程大学 管理科学与工程学院,南京 210044;2.上海理工大学 管理学院,上海 200093)

**摘要:**针对一个众筹发起者和一个众筹平台组成的产品众筹融资链,其中平台负责众筹方案指导、项目宣传推广等增值服务,发起者负责众筹产品设计、生产和质量改进.考虑平台增值服务和发起者质量改进努力均会影响众筹产品的市场需求,通过构建平台主导的联合式与分散式产品众筹融资决策模型,分析了服务需求弹性、质量需求弹性等因素对最优决策的影响,然后对联合式与分散式下的最优决策进行了对比分析以论证构建协调契约的必要性.从平台、发起者双方合作和收益最大化角度出发,设计“双向成本分摊—收益共享”协调契约,对契约参数进行合理设置从而实现产品众筹融资链协调和 Pareto 改进.最后通过数值算例验证了模型的正确性与协调契约的有效性.研究表明:协调契约实施后必然会提高众筹产品质量和平台服务水平,但同时可能导致更低或者更高的产品价格.当质量需求弹性与服务需求弹性较低时,协调后众筹发起者将降低产品价格,采取“优质低价”策略;当服务需求弹性或质量需求弹性高于一定水平时,协调后众筹发起者将提高产品价格,采用“优质优价”策略.

**关键词:**产品众筹;增值服务;质量改进;协调契约

**中图分类号:**F273

**文献标志码:**A

众筹是一种科技融资创新的新模式,不仅让互联网金融具备了传统投资银行的融资功能,同时给金融业带来了一种突破性的商业模式,为企业筹集资金提供了新渠道,也为企业推广产品、宣传形象提供了新的营销手段<sup>[1-2]</sup>.近些年信息技术的快速发展显著提高了公众对众筹的兴趣,加快了众筹融资的进程.统计数据显示,截至 2016 年,众筹规模已经超过风险投资,据估计,2025 年全球众筹市场规模将有望达到 930 亿美元<sup>[3]</sup>.在国内,众筹网等一系列众筹平台陆续成立,扩展迅速.据不完全统计,截至 2020 年 8 月底,国内正常运营众筹平台有 251 家.目前,世界上最大的两个众筹平台分别是 Kickstarter 和 Indiegogo. Kickstarter 自成立以来,已发展成为世界范围的众筹模式典型代表,成功举办了 205 136 场活动,总金额超过 59 亿美元(<https://www.kickstarter.com/help/stats?ref=footer>). Indiegogo 是第二大众筹平台,举办了 80 多万场活动,其中约 9% 的活动成功筹集到资金,总金额超过 16 亿美元,这些平台收取的费用是筹集到资金总量的 3% 至 9% 不等<sup>[4]</sup>.随着众筹项目在娱乐、科技、公益、艺术等领域的不断涌现,众筹模式被细分为产品众筹、捐赠众筹、债券众筹、股权众筹<sup>[5]</sup>.其中,产品众筹融资模式在市场中占主导地位.众筹发起者通过众筹平台建立自己的项目页面,发布信息寻求投资者小额资金支持或其他物质帮助<sup>[6]</sup>.对于投资者而言,则是利用闲置资金进行有前景的投资,为创意产品预先买单,实现购买行为前移.本文研究对象正是众筹市场中的产品众筹.

众筹是个相对较新的现象,以往国内外学者对众筹的研究大多集中在其科学内涵、融资绩效影响因素上.众筹的概念起源于众包,众包是指利用网络上的群体资源获得建议、反馈及创造性问题的解决方法等,众筹则关注的是众包的财务视角<sup>[7]</sup>. BELLEFLAMME 等<sup>[1]</sup>较早给出了众筹的定义:通过网络形成一个开放的

收稿日期:2021-08-20;修回日期:2021-10-05.

基金项目:国家自然科学基金(72171123;7217010825);上海市社会科学基金(2020BGL010).

作者简介:屈绍建(1978—),男,山东邹城人,南京信息工程大学教授,研究方向为决策科学与应用,E-mail:1141557982@qq.com.

通信作者:祝剑利(1996—),男,江西上饶人,上海理工大学硕士研究生,研究方向为众筹决策,E-mail:shlg15026606527@163.com.

平台,以捐赠、交换未来产品或其他形式的回报而向具有特殊目的的创新者提供资金支持的活动.在商业模式上,众筹有3个参与主体:众筹平台、众筹发起者和投资者,众筹平台提供了众筹发起者与投资者的配对服务,并为发起者提供了不同的众筹融资模式<sup>[8]</sup>.关于众筹的绩效因素方面,研究的学者较多,主要集中在项目发起者特征(如以往经验、社交网络)、项目信息(如融资期限和规模、项目所处行业、产品周期)、投资者回报类型、地理位置及利他主义等<sup>[2,9-15]</sup>.近几年,部分学者运用数学模型研究产品众筹定价机制问题,例如, HU等<sup>[16]</sup>刻画了两阶段模型分析众筹发起者收益最大化原则下的菜单定价策略. BELLEFLAMME等<sup>[1]</sup>对股权型众筹和产品众筹进行了比较,提出了差别定价策略以区分不同阶段消费者.邵腾伟等<sup>[17]</sup>运用交易成本理论研究了生鲜农产品众筹的定价.邓万江等<sup>[18]</sup>分析了众筹发起者在不同信息发布顺序下的产品价格和质量设计.屈绍建等<sup>[19]</sup>通过分析社交化众筹与非社交化众筹的完全信息动态博弈模型,提出了3种不同的众筹融资机制. DU等<sup>[20]</sup>考虑到产品众筹的模糊性和过度融资效应,开发了广义模型来比较产品众筹序贯和同步机制.刘征驰等<sup>[15,21]</sup>探讨不同平台下产品众筹定价策略以及发起人视角下的激励机制.

总的来说,产品众筹定价机制的理论研究目前还较少,且大都聚焦在众筹发起者对投资者的产品定价策略和质量设计上,关于众筹平台对成功的产品众筹项目收费定价上的研究鲜有涉及.而事实上,当前大多数产品众筹平台的盈利模式是通过收取众筹发起者销售单位产品佣金或一定比例总融资额来达到盈利目的, Kickstarter就是最典型的例子.随着平台业务的发展和完善,现在绝大多数的众筹平台为发起者提供融资服务的同时也推出一些相关增值服务以吸引更多的投资者.如国内的淘梦网,发起者将众筹项目放在淘梦网上进行众筹融资,淘梦网会对众筹方案进行指导,并负责在一些视频网站去发布推广、运营宣传、组织投资者体验等,其目的在于吸引更多投资者以获得更多佣金或增值服务费.此外,众筹发起者的产品质量改进努力影响着消费者需求,质量偏好型投资者往往青睐质量更好的同类众筹产品并愿意为之支付更高的产品价格<sup>[22]</sup>.考虑在此类产品众筹融资模式中,增值服务与质量改进分别由众筹平台和众筹发起者提供,双方可能会存在依赖对方努力而自己搭便车的心理,加上双方均以自我收益最大化为决策目标,这将导致最优决策产生偏离,进而影响众筹融资绩效.本文基于这样的背景视角,探究众筹平台和众筹发起者双方合作关系与决策优化,以及如何设计一个协调契约去激励双方共同去提高努力水平以实现融资链绩效最大化.

国内外已有众多学者对供应链协调契约机制进行了大量研究.例如,徐广业等<sup>[23]</sup>建立供应链价格折扣模型,设计转移支付机制使得各成员达到共赢. NIE等<sup>[24]</sup>考察了数量折扣契约和制造商支付固定费用与供应链协调的关系.彭静等<sup>[25]</sup>在随机需求和联合促销情形下设计促销补贴契约以实现协调.赵婉鹏等<sup>[26]</sup>探讨了具有损失规避与公平关切的行为偏好特征的供应商通过回购契约和收益共享契约以实现供应链的协调. ZHENG等<sup>[27]</sup>在考虑零售商实施保鲜努力的基础上研究供应链协调,并通过“成本共担—收益共享”契约来实现协调.对于上述的产品众筹融资模式,一个合理的协调契约可以有效激励平台和发起者双方努力从而达到共赢.鉴于此,本文拟以一个众筹平台和一个众筹发起者构成的产品众筹融资链为研究对象,讨论平台增值服务与发起者质量改进努力共同影响众筹产品市场需求,构建产品众筹融资链中众筹平台与众筹发起者的收益模型,并进一步讨论质量需求弹性与服务需求弹性对最优决策的影响.在此基础上,通过设计有效的“双向成本分摊—收益共享”协调契约以实现该众筹融资链协调,重点分析众筹平台和众筹发起者在协调前后的最优决策变化,以期为产品众筹融资模式提供管理启示.

## 1 问题描述及假设

考虑由一个众筹发起者A、一个众筹平台B和众多投资者组成的产品众筹融资模型,如图1所示.在该模型中,平台B通过收取发起者A预售单位产品佣金来获得收益.具体来说,对于发起者A预售单位产品,平台B收取佣金 $\omega$ .发起者A则根据平台B收取单位产品佣金来制定产品价格 $p$ .在平台经济环境下,为吸引更多投资者参与众筹、扩大需求,平台B将提供增值服务 $s$ ,如众筹方案指导、宣传推广、组织协调投资者体验活动等.此外,发起者A的产品质量改进努力 $m$ 也深刻影响投资者的需求.一般而言,产品质量改进努力 $m$ 越大,即产品质量越好,需求也越大.因此,本文将产品众筹需求刻画为 $d(p, s, m) = a - a_1 p + a_2 s + a_3 m$ ,  $a_0, a_1, a_2, a_3 > 0$ ,其中, $a_2$ 为服务需求弹性, $a_3$ 为质量需求弹性.同时考虑到平台B提供的增值服务和发起者A

投入的质量改进努力会带来相应成本, 设  $g(s) = \frac{1}{2}k_s s^2$  为平台增值服务成本函数,  $h(m) = \frac{1}{2}k_m m^2$  为发起者质量改进努力成本函数. 其中,  $k_s, k_m$  分别表示发起者质量努力对质量成本的影响系数和平台增值服务水平对服务成本的影响系数. 另设  $c$  为发起者 A 向投资者配送产品生产成及物流费用.

基于以往产品众筹定价的相关文献<sup>[19,22]</sup>, 本文给出如下假设:

- (1) 发起者 A 和平台 B 为两独立个体, 均为风险中性且完全理性, 追求自身利益最大化;
- (2) 发起者 A 在平台 B 发起众筹实现以销定产, 众筹能够获得成功;
- (3) 平台 B 集结大量产品众筹项目, 在特定项目上线前会率先告知发起者 A 单位产品收取佣金  $\omega$  和承诺服务水平  $s$ , 博弈以平台为主导.

为便于区分, 本文中  $\pi_s, \pi_m$  及  $\pi_{sm}$  分别代表众筹平台 B 的收益, 众筹发起者 A 的收益及产品众筹融资链的总收益. 上标 C, D, T 分别表示联合式决策, 分散式决策和协调机制下的决策, 上标  $\Delta$  则表示最优解.

## 2 模 型

本节首先考察众筹发起者 A 和众筹平台 B 的联合式决策模型, 并以此作为基准. 然后进一步分析分散式决策模型下平台服务需求弹性和发起者质量需求弹性对最优决策和收益的影响. 最后, 将分散式决策模型与联合式决策模型的决策结果进行对比分析.

### 2.1 联合式决策模型

在联合式决策模型中, 将众筹发起者 A 和众筹平台 B 看作一个决策主体, 以产品众筹融资链收益最大化为目标, 统筹决策众筹产品价格  $p$ , 平台 B 增值服务水平  $s$  以及发起者 A 产品质量改进努力  $m$ . 此时, 联合式产品众筹融资链的目标函数为:

$$\pi_{sm}^C = (a_0 - a_1 p + a_2 s + a_3 m)(p - c) - \frac{1}{2}k_s s^2 - \frac{1}{2}k_m m^2. \tag{1}$$

为使目标函数  $\pi_{sm}^C$  最大化, 可以验证  $\pi_{sm}^C$  是关于  $p, s$  和  $m$  的联合凹函数, 通过求解优化问题(1)可得如下定理.

**定理 1** (i) 联合式下产品众筹融资链的最优决策为:

$$p^{CA} = \frac{k_s k_m (a_0 - a_1 c)}{2a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - a_3^2 k_s} + c, \tag{2}$$

$$m^{CA} = \frac{a_3 k_s (a_0 - a_1 c)}{2a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - a_3^2 k_s}, \tag{3}$$

$$s^{CA} = \frac{a_2 k_m (a_0 - a_1 c)}{2a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - a_3^2 k_s}. \tag{4}$$

(ii) 此时, 最优投资需求量、众筹融资链最优总收益分别为:

$$d^{CA} = \frac{a_1 k_s k_m (a_0 - a_1 c)}{2a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - a_3^2 k_s}, \tag{5}$$

$$\pi_{sm}^{CA} = \frac{k_s k_m (a_0 - a_1 c)^2}{2(2a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - a_3^2 k_s)}. \tag{6}$$

为保证上述最优解有意义, 需满足  $2a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - a_3^2 k_s > 0, a_0 - a_1 c > 0$ .

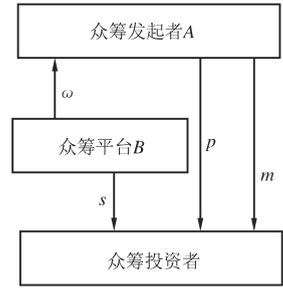


图1 产品众筹融资链结构  
Fig. 1 Product crowdfunding financing chain structure

## 2.2 分散式决策模型

在分散式决策模型中,众筹发起者 A 和众筹平台 B 均以各自收益最大化为目标进行决策.模型中平台 B 处于主导地位,具有先动优势决定收取发起者 A 销售单位产品佣金  $\omega$  和自身提供的增值服务水平  $s$ .发起者 A 后决策制定产品价格  $p$  及产品质量改进努力  $m$ .

此时,发起者 A 的目标函数为:

$$\pi_m^D = (p - \omega - c)(a_0 - a_1 p + a_2 s + a_3 m) - \frac{1}{2} k_m m^2. \quad (7)$$

平台 B 的目标函数为:

$$\pi_s^D = \omega(a_0 - a_1 p + a_2 s + a_3 m) - \frac{1}{2} k_s s^2. \quad (8)$$

为使得目标函数  $\pi_m^D$  和  $\pi_s^D$  最大化,可以验证  $\pi_m^D$  是关于  $p$  和  $m$  的联合凹函数,  $\pi_s^D$  是关于  $\omega$  和  $s$  的联合凹函数.通过求解优化问题(7)、(8)可得如下定理.

**定理 2** (i)分散式决策下产品众筹融资链中平台 B 单位产品佣金、增值服务水平及发起者 A 最优产品价格、质量改进努力分别为:

$$\omega^{DA} = \frac{k_s(2a_1 k_m - a_3^2)(a_0 - a_1 c)}{a_1(4a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - 2a_3^2 k_s)}, \quad (9)$$

$$s^{DA} = \frac{a_2 k_m (a_0 - a_1 c)}{4a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - 2a_3^2 k_s}, \quad (10)$$

$$p^{DA} = \frac{k_s(3a_1 k_m - a_3^2)(a_0 - a_1 c)}{a_1(4a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - 2a_3^2 k_s)} + c, \quad (11)$$

$$m^{DA} = \frac{a_3 k_s (a_0 - a_1 c)}{(4a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - 2a_3^2 k_s)}. \quad (12)$$

(ii)此时,最优投资需求量、平台 B 和发起者 A 最优收益分别为:

$$d^{DA} = \frac{a_1 k_s k_m (a_0 - a_1 c)}{4a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - 2a_3^2 k_s}, \quad (13)$$

$$\pi_s^{DA} = \frac{k_s k_m (a_0 - a_1 c)^2}{2(4a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - 2a_3^2 k_s)}, \quad (14)$$

$$\pi_m^{DA} = \frac{k_s^2 k_m (2a_1 k_m - a_3^2)(a_0 - a_1 c)^2}{2(4a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - 2a_3^2 k_s)^2}. \quad (15)$$

根据定理 2,可以进一步得出以下命题.

**命题 1** (i)  $\frac{\partial \omega^{DA}}{\partial a_2} > 0$ ,  $\frac{\partial s^{DA}}{\partial a_2} > 0$ ,  $\frac{\partial p^{DA}}{\partial a_2} > 0$ ,  $\frac{\partial m^{DA}}{\partial a_2} > 0$ ; (ii)  $\frac{\partial d^{DA}}{\partial a_2} > 0$ ,  $\frac{\partial \pi_s^{DA}}{\partial a_2} > 0$ ,  $\frac{\partial \pi_m^{DA}}{\partial a_2} > 0$ .

**证明** 略.

**命题 2** (i)  $\frac{\partial \omega^{DA}}{\partial a_3} > 0$ ,  $\frac{\partial s^{DA}}{\partial a_3} > 0$ ,  $\frac{\partial p^{DA}}{\partial a_3} > 0$ ,  $\frac{\partial m^{DA}}{\partial a_3} > 0$ ; (ii)  $\frac{\partial d^{DA}}{\partial a_3} > 0$ ,  $\frac{\partial \pi_s^{DA}}{\partial a_3} > 0$ ,  $\frac{\partial \pi_m^{DA}}{\partial a_3} > 0$ .

**证明** 略.

命题 1 和命题 2 表明在分散式决策模式下,平台最优单位产品佣金、服务水平,发起者最优产品价格、质量改进努力既与服务需求弹性呈正相关,也与质量需求弹性呈正相关.这说明服务需求弹性或质量需求弹性的增加会同时提高众筹平台的增值服务水平与众筹发起者的产品质量改进努力.随着服务需求弹性和质量需求弹性的增大,平台的增值服务和发起者的产品质量对投资者需求带来的正向影响增大,众筹平台愿意去提升增值服务水平,众筹发起者也愿意去提升产品质量并为之付出努力.然后,平台与发起者会分别通过提高单位产品佣金和产品价格来平衡增值服务与质量改进两方面的成本,从而保证自身收益增加.此时,投资者虽然以更高的价格预购众筹产品,但能获得更高质量的众筹产品并感受到更好的平台增值服务,从质量与

服务两个维度增强了产品感知价值,提高了消费者剩余,增加了需求。

### 2.3 联合式决策模型与集中式决策模型的对比

通过对上述联合式决策模型和分散式决策模型下的最优产品质量改进努力决策、最优服务水平决策、最优投资者需求和产品众筹融资链总收益进行对比分析可得命题 3。

**命题 3** (i)最优质量改进努力不同:

$$m^{DA} = \frac{a_3 k_s (a_0 - a_1 c)}{4a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - 2a_3^2 k_s} < \frac{a_3 k_s (a_0 - a_1 c)}{2a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - a_3^2 k_s} = m^{CA}. \quad (16)$$

(ii)最优增值服务水平不同:

$$s^{DA} = \frac{a_2 k_m (a_0 - a_1 c)}{4a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - 2a_3^2 k_s} < \frac{a_2 k_m (a_0 - a_1 c)}{2a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - a_3^2 k_s} = s^{CA}. \quad (17)$$

(iii)最优投资者需求不同:

$$d^{DA} = \frac{a_1 k_s k_m (a_0 - a_1 c)}{4a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - 2a_3^2 k_s} < \frac{a_1 k_s k_m (a_0 - a_1 c)}{2a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - a_3^2 k_s} = d^{CA}. \quad (18)$$

(iv)产品众筹融资链总收益不同:

$$\pi_s^{DA} + \pi_m^{DA} = \frac{k_s k_m (a_0 - a_1 c)^2 (6a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - 3a_3^2 k_s)}{2(4a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - 2a_3^2 k_s)^2} < \frac{k_s k_m (a_0 - a_1 c)^2}{2(2a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - a_3^2 k_s)} = \pi_{sm}^{CA}. \quad (19)$$

**证明** 略。

命题 3 表明了分散式决策模型下的产品众筹融资链总体收益并不是最优的,而联合式决策模型则是分散式决策模型的 Pareto 改进。相较于联合式决策,分散式决策中众筹平台和众筹发起者为实现各自目标收益的最大化,平台将会提供较低水平的增值服务,而发起者也会投入较低的质量改进努力。这是因为增值服务和质量改进分别由不同主体负责,双方均存在希望对方投入更多努力从而搭便车的心理。平台和发起者的自利心理削弱了双方提高服务水平和质量努力的动力,最终导致均衡服务水平和质量改进努力下降。

通过对联合式决策模型和分散式决策模型下的最优产品价格对比可得命题 4。

**命题 4** (i)当  $a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - a_3^2 k_s > 0$  时,  $p^{DA} > p^{CA}$ ; (ii)当  $a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - a_3^2 k_s < 0$  时,  $p^{DA} < p^{CA}$ 。

**证明** 略。

命题 4 揭示了分散式与联合式决策下最优众筹发起者产品价格的比较情况,与联合式决策相比较,分散式决策下的众筹产品价格总是会出现偏离,导致更高或更低的产品价格,这依赖于服务需求弹性与质量改进需求弹性等系数。命题 4(i)表明在其他参数值给定时,质量需求弹性与服务需求弹性较低时,分散式决策下众筹产品质量与平台服务水平降低给投资者带来的负向影响相对较小,加上存在平台与发起者的双重定价,众筹发起者往往会制定高于联合式决策的产品价格以保证盈利。其次,命题 4(ii)表明,一是当质量需求弹性高于某一水平时,投资者更加重视众筹产品的品质化消费;二是当服务需求弹性高于某一水平时,即投资者更加重视众筹产品的体验式消费,但相较于集中式决策,分散式决策下产品质量改进努力与平台增值服务水平均会降低,这会给投资者带来较大程度的负向影响。此时,即使分散式决策下存在双重边际效应,众筹发起者仍会制定低于集中式决策的产品价格以弥补给投资者带来的负向影响。

以上命题可以明确的是,在分散式决策中不论众筹发起者最终对产品采取提高价格或是降低价格策略,总体最优收益始终是小於联合式决策的。这说明众筹平台和众筹发起者需要从服务水平和产品质量两面向联合式决策进行改进,去考虑设计合理的协调契约以实现双方之间的协调。在该协调契约下,平台增值服务水平提升,发起者产品质量改善,不仅可以给予投资者良好的产品消费体验、扩大投资者需求,还可以使平台和发起者收益有所增加。

## 3 产品众筹融资链协调契约

在该产品众筹融资链中,发起者投入的产品质量改进努力,一方面可以有效增加产品投资者需求,另一

方面也可以增加平台竞争力、树立平台良好形象,吸引更多产品众筹项目的入驻,因此平台有动机去激励发起者提高产品质量改进努力并为其分担部分质量改进努力的成本.另外,平台在产品众筹项目上线时提供增值服务能够有效增加产品的预售量,给发起者带来了间接收益,因此发起者也有动机去激励平台提升服务水平,并为其分担部分增值服务成本.基于以上分析,本文首先考虑相对简单的“双向成本分摊”协调契约  $T(\lambda_s, \lambda_m)$ ,即发起者分摊平台  $\lambda_s$  ( $\lambda_s \in (0, 1)$ ) 的增值服务成本,平台分摊发起者  $\lambda_m$  ( $\lambda_m \in (0, 1)$ ) 的质量改进努力成本.但经验证,简单的“双向成本分摊”协调契约不能实现协调,也无法实现 Pareto 改进.

本文进一步考虑在该产品众筹融资链中,发起者产品质量改进努力的提升和平台增值服务水平的提高一方面增加了自身成本,另一方面增加了对方收益,且双方收益是不对等的.在此背景下,设计了“双向成本分摊—收益共享”的协调契约  $T(\lambda_s, \lambda_m, \varphi, \omega)$ .为促进发起者质量改进努力和平台服务水平提升,双方进行双向成本分摊.此外,在产品众筹发起前,平台对发起者收取较低的单位产品佣金亦甚至对入驻平台的众筹发起者给予单位产品生产成本的反向补贴,待众筹活动结束后平台再向发起者收取  $\varphi$  比例 ( $\varphi \in (0, 1)$ ) 的产品销售额作为弥补.通过以上分析,可以得出:

众筹发起者 A 的目标函数为:

$$\pi_m^T = ((1 - \varphi)p - \omega - c)d - (1 - \lambda_m)h(m) - \lambda_s g(s). \quad (20)$$

众筹平台 B 的目标函数为:

$$\pi_s^T = (\omega + \varphi p)d - (1 - \lambda_s)g(s) - \lambda_m h(m). \quad (21)$$

为实现产品众筹融资链的协调,所设计的协调契约下的最优决策理应与联合式决策模型下的最优决策保持一致.经分析,可得到以下命题.

**命题 5** 在“双向成本分摊—收益共享”协调契约中,当协调参数设计为  $\omega = -\varphi c$ ,  $\lambda_s = 1 - \varphi$ ,  $\lambda_m = \varphi$  时,可实现  $p^{TA} = p^{CA}$ ,  $s^{TA} = s^{CA}$ ,  $m^{TA} = m^{CA}$ ,  $\pi_{sm}^{TA} = \pi_{sm}^{CA}$ .

**证明** 运用主从对策博弈,通过联立(20)式和(21)式,最后可以求得斯坦伯格均衡解,即协调契约下的最优价格  $p^{TA}$ , 最优质量改进努力  $m^{TA}$  与最优服务水平  $s^{TA}$ .为实现产品众筹融资链的协调,就要保证协调机制下的最优解与联合式模型决策下的最优解相一致,即要使得  $p^{TA} = p^{CA}$ ,  $s^{TA} = s^{CA}$  以及  $m^{TA} = m^{CA}$ .然后联立(2)、(3)和(4)式,即可得:  $\omega = -\varphi c$ ,  $\lambda_s = 1 - \varphi$ ,  $\lambda_m = \varphi$ . 证明完毕.

**命题 6** 在“双向成本分摊—收益共享”协调契约中,存在  $1 < \varphi_1 < \varphi_2 < 1$ , 参数  $\varphi$  满足  $\varphi_1 < \varphi < \varphi_2$  时,  $\pi_s^{TA} > \pi_s^{DA}$ ,  $\pi_m^{TA} > \pi_m^{DA}$ , 即众筹发起者和众筹平台均实现了收益提升,实现双方完美协调.

**证明** 协调契约能够有效执行,需要满足条件:  $\pi_s^{TA} > \pi_s^{DA}$  和  $\pi_m^{TA} > \pi_m^{DA}$ .由命题 5 可知,参数  $\varphi$  与  $\omega$ ,  $\lambda_s$ ,  $\lambda_m$  满足线性关系,而  $\varphi \in (0, 1)$ ,由此可知仅仅需要调节  $\varphi$  就能够实现发起者和平台之间收益的有效分配.将  $\omega = -\varphi c$ ,  $\lambda_s = 1 - \varphi$  及  $\lambda_m = \varphi$  代入到(20)式和(21)式中,可分别得到发起者和平台的最优收益分别为  $\pi_m^{TA} = \frac{(1 - \varphi)k_s k_m (a_0 - a_1 c)^2}{4a_1 k_s k_m - 2a_2^2 k_m - 2a_3^2 k_s}$ ,  $\pi_s^{TA} = \frac{\varphi k_s k_m (a_0 - a_1 c)^2}{4a_1 k_s k_m - 2a_2^2 k_m - 2a_3^2 k_s}$ .记  $\Delta\pi_s = \pi_s^{TA} - \pi_s^{CA}$ , 由  $\frac{\partial \Delta\pi_s}{\partial \varphi} > 0$ , 可知  $\Delta\pi_s$  是关于  $\varphi$  的单增函数.又  $\lim_{\varphi \rightarrow 1} \Delta\pi_s > 0$ , 所以存在  $\varphi \in (\varphi_1, 1)$  使得平台协调后的收益大于协调之前.同理可证,存在  $\varphi \in (0, \varphi_2)$  能使得发起者协调后的收益大于协调之前.最后通过计算  $\varphi_2 - \varphi_1 > 0$  可知  $\varphi_2 > \varphi_1$ .这就表明,存在  $0 < \varphi_1 < \varphi_2 < 1$  能够使得发起者和平台实现双方之间的协调.证明完毕.

命题 5 和命题 6 表明,协调契约参数满足一定关系的时候,产品众筹融资链可以达到系统最优.命题 5 表明在所设计的协调契约下,众筹平台会给予众筹发起者单位产品生产成本的反向补贴,并且单位产品补贴  $\omega$  与质量改进努力成本分摊比例  $\lambda_m$  呈同等比例;众筹发起者分摊的增值服务成本比例  $\lambda_s$  与其最后获得的收益比例  $1 - \varphi$  相等.除此之外,命题 6 表明在契约实施之后,可以调节协调契约参数实现最终协调与 Pareto 改进,而参数具体值的设定则取决于双方之间的讨价还价能力.由此可见,“双向成本分摊—收益共享”协调契约是可以实现双方的完美协调的.

通过分析讨论协调前后最优决策的变化,可以得到推论 1.

**推论 1** (i) 当  $a_1 k_s k_m - a_2^2 k_m - a_3^2 k_s > 0$  时,  $s^{TA} > s^{DA}$ ,  $m^{TA} > m^{DA}$ ,  $p^{TA} > p^{DA}$ ; (ii) 当  $a_1 k_s k_m -$

$a_2^2 k_m - a_3^2 k_s < 0$  时,  $s^{TA} > s^{DA}, m^{TA} > m^{DA}, p^{TA} > p^{DA}$ .

推论 1(i)表明在其他参数值给定,产品质量需求弹性与服务需求弹性较低的时候,协调后提高产品质量和增值服务水平的同时还会降低产品价格,有效增加了消费者剩余.推论 1(ii)则表明服务需求弹性或质量需求弹性高于一定水平的时候,协调后提高产品质量和增值服务水平的同时也会提高产品价格,但投资者从质量与服务两个维度有效增强了产品感知价值,仍提高了消费者剩余.这给众筹发起者和众筹平台带来了启示:面向价格偏好型投资消费者群体时,双方合作下应该采取优质低价、薄利多销的策略;面向更加偏向质量或服务的高端投资消费者群体时,应采取优质优价策略.

### 4 数值仿真分析

为验证理论分析所得结论的正确性和有效性,本文依据模型假设设定相关参数进行数值分析,以更加直观地反映上述命题.设置参数  $a_0=1, a_1=1, k_s=0.2, k_m=0.3, c=0.4$ , 首先考察服务需求弹性和质量需求弹性对分散式决策模型下最优决策的影响.

#### 4.1 服务需求弹性和质量需求弹性对最优决策的影响

将  $a_3$  设定为 0.4, 以  $a_2$  为横坐标绘制出分散式决策下服务需求弹性对最优决策的影响,得到图 2;再将  $a_2$  设定 0.5, 以  $a_3$  为横坐标绘制出分散式决策下质量需求弹性对最优决策的影响,得到图 3.观察图 2、图 3, 很容易得出平台最优单位产品佣金、服务水平,发起者最优产品价格、质量改进努力既与服务需求弹性呈正相关,也与质量需求弹性呈正相关的结论.

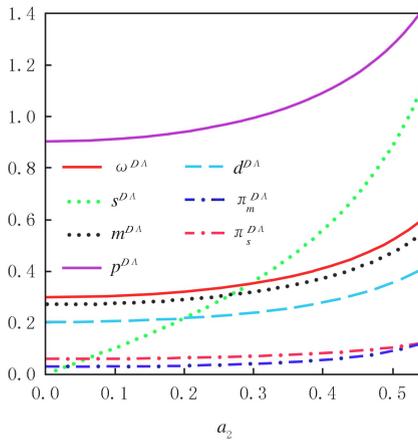


图2 服务需求弹性对最优决策的影响

Fig.2 Impact of service demand elasticity on optimal decision

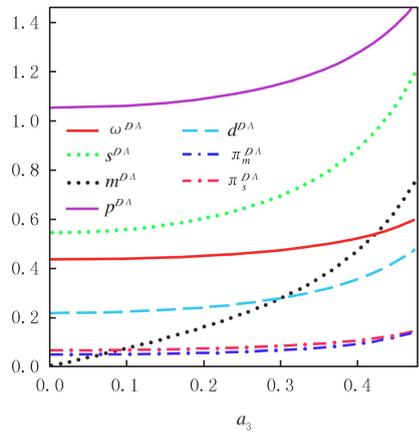


图3 质量需求弹性对最优决策的影响

Fig.3 Impact of quality demand elasticity on optimal decision

#### 4.2 协调契约对平台和发起者收益水平的影响

通过检验协调契约实施之后众筹发起者和众筹平台的收益变化来验证所设计的“双向成本分摊—收益共享”契约的有效性.分别用  $\Delta\pi_s(\varphi)$  和  $\Delta\pi_m(\varphi)$  表示在契约实施后,众筹平台和众筹发起者各自的收益变化量.其中  $\Delta\pi_s(\varphi) = \pi_s^{TA} - \pi_s^{CA}, \Delta\pi_m(\varphi) = \pi_m^{TA} - \pi_m^{CA}$ .以  $\varphi$  为横坐标绘制出契约对发起者和平台收益水平的影响.通过观察图 4 发现,在协调契约实施之后,众筹平台的收益变化随收益共享比例的增加而增加,而众筹发起者的收益则随之单调递减.当  $\varphi$  处于  $\varphi_1$  至  $\varphi_2$  之间时,其中  $\varphi_1 = 0.129, \varphi_2 = 0.888$ , 众筹平台和众筹发起者收益变化均为增量,在这区间范围内不仅可以实现众筹融资链完美协调还能实现平台和发起者双方的 Pareto 改进.除此之外,结合命题 5 可知随着  $\varphi$  的增加,众筹平台会给予发起者更多的产品生产成本反向补贴,同时也会替发起者承担更多的质量努力成本,而众筹发起者则会削弱替平台承担的增值服务成本.

#### 4.3 协调前后决策的变化

最后考察产品众筹融资链协调前后最优决策变化.通过前文分析,协调后的众筹产品的价格会受到服务

需求弹性  $a_2$ 、质量需求弹性  $a_3$  等影响,先设置  $a_3=0.4$ ,以  $a_2$  为横坐标,绘制产品众筹融资链协调前后最优决策变化情况,得到图 5,再设置  $a_2=0.5$ ,以  $a_3$  为横坐标进而得到图 6.结合图 5 和图 6 可发现:(1)协调后的平台服务水平、发起者产品质量努力及投资者需求总是高于协调前,这说明协调契约能够有效去激励众筹平台和众筹发起者共同提高努力水平动力.(2)质量需求弹性与服务需求弹性较低的时候,协调后产品价格低于协调前,但服务需求弹性或质量需求弹性高于一定水平的时候,协调后产品价格反而高于协调前.这说明质量需求和服务需求处于较高水平时,协调后的产品质量和服务水平能够给投资者带来较大的正向影响,由此发起者能够去提升众筹产品的价格来扩大盈利.

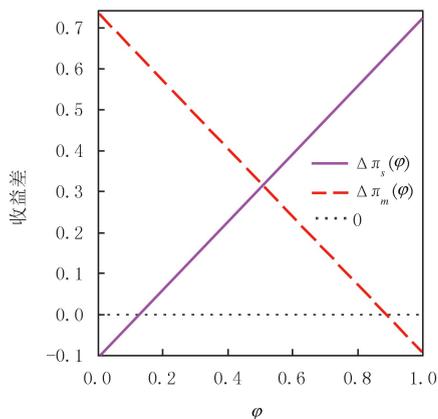


图4 协调契约对成员收益水平的影响

Fig. 4 Impact of coordination contract on members' profit level

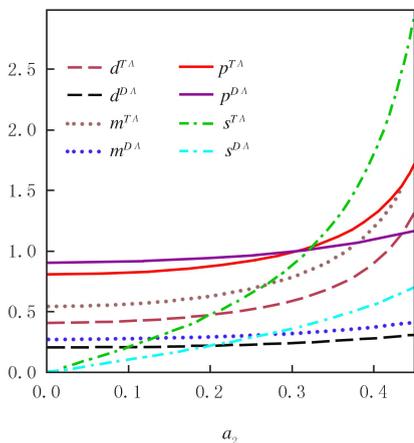


图5 服务需求弹性对协调前后最优决策变化的影响

Fig. 5 Impact of service demand elasticity on the change of optimal decision before and after coordination

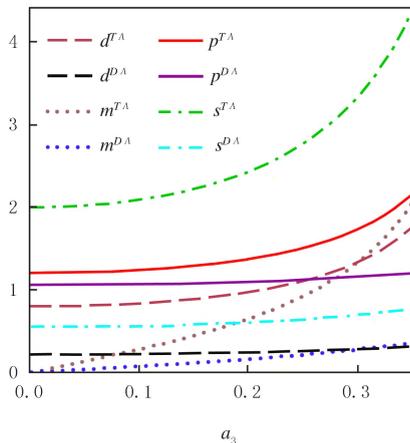


图6 质量需求弹性对协调前后最优决策变化的影响

Fig. 6 Impact of quality demand elasticity on the change of optimal decision before and after coordination

## 5 结 语

本文针对一个众筹发起者和一个众筹平台组成的产品众筹融资链,考虑增值服务与产品质量努力会影响众筹产品市场需求,研究了服务需求弹性和质量需求弹性对最优决策的影响,对比分析了联合式与分散式下的产品众筹融资模型最优决策的变化,并设计了协调契约来实现产品众筹融资链中平台和发起者之间的协调.研究表明:(1)分散式决策模型中,随着服务需求弹性和质量需求弹性的增大,平台和发起者会分别提高单位产品佣金、服务水平和产品价格、质量努力水平.(2)相比于联合式决策,分散式决策中发起者质量改进努力和平台服务水平始终会降低,但众筹产品价格则可能提高也可能降低.(3)所设计的“双向成本分摊—收益共享”协调契约能够有效协调众筹发起者和众筹平台并实现 Pareto 改进.(4)协调契约实施后有效提高了产品质量和服务水平,众筹发起者将根据情况做出降低产品价格或者提高产品价格两种策略.当质量需求弹性与服务需求弹性较低时,众筹发起者在协调后会降低产品价格,采取“优质低价”策略;当服务需求弹性或质量需求弹性高于一定水平时,协调后众筹发起者将提高产品价格,采用“优质优价”策略.

本文是在信息对称的情况下进行刻画建模的,未来可以考虑在信息不对称的情况下探讨产品众筹融资的决策问题.此外,众筹产品相比一般商品有一定的等待周期且存在与预期不符等问题,未来也可考虑产品

回报期限、后悔预期等因素对产品众筹决策的影响.

## 参 考 文 献

- [1] BELLEFLAMME P, LAMBERT T, SCHWIENBACHER A. Crowdfunding: Tapping the right crowd[J]. *Journal of Business Venturing*, 2014, 29(5): 585-609.
- [2] BROWN T E, BOON E, PITT L F. Seeking funding in order to sell: Crowdfunding as a marketing tool[J]. *Business Horizons*, 2017, 60(2): 189-195.
- [3] 王念新, 吕爽, 周园, 等. 连续发起人的经验对众筹成功的影响: 经验相关性的调节效应分析[J]. *管理工程学报*, 2020, 34(4): 89-100.  
WANG N X, LYU S, ZHOU Y, et al. Serial creator's experience and crowdfunding success: Moderating effects of experience relevance[J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2020, 34(4): 89-100.
- [4] MIGLO A. Crowdfunding in a competitive environment[J]. *Journal of Risk and Financial Management*, 2020, 13(3): 39.
- [5] FLEMING L, SORENSON O. Financing by and for the masses[J]. *California Management Review*, 2016, 58(2): 5-19.
- [6] 范家琛. 众筹商业模式研究[J]. *企业经济*, 2013, 32(8): 72-75.  
FAN J C. Research on crowdfunding business model[J]. *Enterprise economy*, 2013, 32(8): 72-75.
- [7] LEIMEISTER J M. Crowdsourcing: Crowdfunding, crowdvoting, crowdcreation[J]. *Zeitschrift fur Controlling und Management*, 2012, 56(1): 388-392.
- [8] MACHT S A, WEATHERSTON J. Academic research on crowdfunders; what's been done and what's to come?[J]. *Strategic Change*, 2015, 24(2): 191-205.
- [9] WESSEL M, THIES F, BENLIAN A. The emergence and effects of fake social information: evidence from crowdfunding[J]. *Decision Support Systems*, 2016, 90: 75-85.
- [10] ZHENG H C, LI D H, WU J, et al. The role of multidimensional social capital in crowdfunding: a comparative study in China and US[J]. *Information & Management*, 2014, 51(4): 488-496.
- [11] LUKKARINEN A, TEICH J E, WALLENIUS H, et al. Success drivers of online equity crowdfunding campaigns[J]. *Decision Support Systems*, 2016, 87: 26-38.
- [12] ZHOU M, LU B Z, FAN W G, et al. Project description and crowdfunding success: an exploratory study[J]. *Information Systems Frontiers*, 2018, 20(2): 259-274.
- [13] KIM H, KIM J. Geographic proximity between lender and borrower: how does it affect crowdfunding?[J]. *Review of Accounting and Finance*, 2017, 16(4): 462-477.
- [14] LIN M F, VISWANATHAN S. Home bias in online investments: an empirical study of an online crowdfunding market[J]. *Management Science*, 2016, 62(5): 1393-1414.
- [15] 刘征驰, 马滔, 周莎, 等. 极客经济、社群生态与互联网众筹产品定价[J]. *中国管理科学*, 2017, 25(9): 107-115.  
LIU Z C, MA T, ZHOU S, et al. Geek economy, community ecology and pricing decision in crowdfunding[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2017, 25(9): 107-115.
- [16] HU M, LI X, SHI M Z. Product and pricing decisions in crowdfunding[J]. *Marketing Science*, 2015, 34(3): 331-345.
- [17] 邵腾伟, 吕秀梅. 基于 F2F 的生鲜农产品 C2B 众筹预售定价[J]. *中国管理科学*, 2016, 24(11): 146-152.  
SHAO T W, LYU X M. Price on fresh agricultural products by C2B based on F2F[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2016, 24(11): 146-152.
- [18] 邓万江, 李习栋, 马士华. 预付款众筹模式下新产品定价与质量设计[J]. *系统工程理论与实践*, 2018, 38(7): 1768-1777.  
DENG W J, LI X D, MA S H. Pricing and quality design of new products under presales crowdfunding[J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2018, 38(7): 1768-1777.
- [19] 屈绍建, 卢艳玲, 纪颖. 社交网络推送下的众筹融资机制分析[J]. *中国管理科学*, 2019, 27(3): 1-10.  
QU S J, LU Y L, JI Y. The analysis of crowdfunding financing mechanism based on social network[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2019, 27(3): 1-10.
- [20] DU S F, PENG J, NIE T F, et al. Pricing strategies and mechanism choice in reward-based crowdfunding[J]. *European Journal of Operational Research*, 2020, 284(3): 951-966.
- [21] 刘征驰, 何焰, 马滔, 等. 基于发起人视角的创意众筹异质性激励机制研究[J]. *管理学报*, 2017, 14(6): 868-876.  
LIU Z C, HE Y, MA T, et al. The heterogeneous incentive mechanism of creative crowdfunding based on the perspective of entrepreneurs[J]. *Chinese Journal of Management*, 2017, 14(6): 868-876.
- [22] 邵腾伟, 吕秀梅. 生鲜电商众筹预售与众包生产联合决策[J]. *系统工程理论与实践*, 2018, 38(6): 1502-1511.  
SHAO T W, LYU X M. Joint decision between crowdfunding in preselling and crowdsourcing in production on fresh agricultural products[J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2018, 38(6): 1502-1511.
- [23] 徐广业, 但斌. 电子商务环境下双渠道供应链协调的价格折扣模型[J]. *系统工程学报*, 2012, 27(3): 344-350.

- XU G Y, DAN B. Price discount model for coordination of dual-channel supply chain under ecommerce[J]. *Journal of Systems Engineering*, 2012, 27(3): 344-350.
- [24] NIE T F, DU S F. Dual-fairness supply chain with quantity discount contracts[J]. *European Journal of Operational Research*, 2017, 258(2): 491-500.
- [25] 彭静, 林杰. 需求扰动和联合促销下双渠道供应链的竞争与协调[J]. *预测*, 2015, 34(6): 62-68.  
PENG J, LIN J. Competing and coordination strategies for dual-channel supply chain with demand disruption and cooperative promotion [J]. *Forecasting*, 2015, 34(6): 62-68.
- [26] 赵婉鹏, 叶春明. 考察供应商具有双重行为偏好特征的供应链契约与协调[J]. *工业工程与管理*, 2018, 23(1): 23-29.  
ZHAO W M, YE C M. Study on the contracts and coordination of supply chain with the supplier's dual behavior preference[J]. *Industrial Engineering and Management*, 2018, 23(1): 23-29.
- [27] ZHENG Q, IEROMONACHOU P, FAN T J, et al. Supply chain contracting coordination for fresh products with fresh-keeping effort[J]. *Industrial Management & Data Systems*, 2017, 117(3): 538-559.

## Optimal decision and coordination of product crowdfunding considering initiator's quality improvement efforts and platform value-added services

Qu Shaojian<sup>1</sup>, Zhu Jianli<sup>2</sup>

(1. School of Management Engineering, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;

2. Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** For the product crowdfunding financing chain composed of a crowdfunding initiator and a crowdfunding platform, the platform is responsible for crowdfunding scheme guidance, project publicity and promotion and other value-added services, and the initiator is responsible for crowdfunding product design, production and quality improvement. Considering that both the platform value-added service and the initiator's quality improvement efforts will affect the market demand of crowdfunding products, this paper analyzes the impact of service demand elasticity and quality demand elasticity on the optimal decision by constructing the platform led joint and decentralized product crowdfunding decision-making model. Then a comparative analysis of the optimal decision-making under joint and decentralized to demonstrate the necessity of constructing coordination contract is made. From the perspective of cooperation and revenue maximization between the platform and the initiator, the coordination contract of "two-way cost sharing and revenue sharing" is designed, and the contract parameters are reasonably set, so as to realize the coordination of product crowdfunding financing chain and Pareto improvement. Finally, the correctness of the model and the effectiveness of the coordination contract are verified by numerical simulation. Research shows that the implementation of coordination contract will inevitably improve the quality of crowdfunding products and platform service level, but at the same time, it may lead to lower or higher product prices. When the elasticity of quality demand and service demand are low, after coordination, the sponsors of crowdfunding will reduce the product price and adopt the strategy of "high quality and low price"; when the service demand elasticity or quality demand elasticity is higher than a certain level, after coordination, the crowdfunding initiator will increase the product price and adopt the "high quality and good price" strategy.

**Keywords:** product crowdfunding; value added services; quality improvement; coordination contract

[责任编辑 陈留院 赵晓华]