

分享经济下考虑众包物流平台 投资建设和竞争定价研究

黄静静, 陈荔, 赵媛

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: 通过投资建设提高自身服务质量已成为众包物流服务平台提升竞争优势的重要手段。以平台期望收益最大化为目标, 考虑当前众包物流平台存在激烈竞争和急需投资建设提高服务质量的情况, 构建了消费者和配送人员的效用函数, 以此为基础探讨两个竞争的众包物流平台通过投资建设来提高线下服务质量的模型, 分析两平台在不同投资情况下的最优利润和定价策略。研究表明: 当两个众包物流平台服务质量相当时, 两平台的消费者和配送人员的数量分布、价格、利润都相等; 当一方采取投资策略时, 必将在利润上优于不采取投资策略的一方; 双方均采取投资策略而拉平竞争优势时, 却会因为成本增加而导致利润下降。

关键词: Hotelling 模型; 效用函数; 众包物流平台; 定价策略

中图分类号: F 224 **文献标志码:** A

Crowdsourcing logistics platform investment and competitive pricing under the sharing economy

HUANG Jingjing, CHEN Li, ZHAO Yuan

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

Abstract: Improving service quality through investment and construction has become an important means for crowdsourcing logistics service platforms to enhance their competitive advantages. To maximize platform expected revenue, the condition that fierce competition existed in crowdsourcing logistics platforms and investment construction much-needed to improve the quality of service was considered. The consumer and distribution personnel's utility function was built. On this basis, a model was discussed based on the two competing crowdsourcing logistics platform through the construction investment to improve the offline service quality. The optimal profit and pricing strategy of the two platforms under different investment conditions was analyzed. The research shows that when the service quality of the two crowdsourcing logistics platforms is equal, the quantitative distribution, price and profit of consumers and delivery personnel of the two platforms are equal. When one party adopts the investment strategy, it will be better than the one who does not adopt the investment strategy in terms of

收稿日期: 2021-04-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (71871144)

第一作者: 黄静静 (1996-), 女, 硕士研究生. 研究方向: 众包物流定价. E-mail: 798089235@qq.com

通信作者: 陈荔 (1967-), 女, 副教授. 研究方向: 物流工程. E-mail: dalianchenli@123.com

profit. When both sides adopt investment strategies and level the competitive advantage, the profit will decrease due to the increase of cost.

Keywords: Hotelling model; utility function; crowdsourcing logistics platform; pricing strategy

近年来，共享经济一度成为我国最具活力的经济模式。当共享经济的思路延伸至物流行业时，便出现了众包物流^[1]。众包物流在发展过程中，各平台的相继涌现造成了激烈的竞争，但服务质量都存在不足。双寡头竞争的众包物流平台通过配送人员向消费者配送产品，消费者的关注点主要在于服务质量和产品价格两个方面，配送人员的关注点主要在于平台给出的佣金价格方面。这个环节中的消费者和配送人员都是以自身效用最大化为目标，而众包物流是否可投资则是根据这两方的效用对利润造成的影响来确定。平台要做的一个重要决策就是决定平台的投资水平，较高的性能水平有利于吸引更多的用户，但是它往往需要平台合理调整投资水平和定价之间的关系，才能达到理想的目标。比如微软平台对程序开发商进行投资，为其提供多种开发工具并投入大量的培训费用；微信通过投资抢红包功能在移动支付上占据了市场，不断投资建设使其提升了用户黏性；网约车平台投资建设安全系统，为乘客提供更好的乘车体验和安全保障。正因为如此，众包物流平台如何掌握投资力度，提高平台服务质量，扩大用户规模，使平台获得更高的利润以及竞争力，是当前众包物流平台面临的主要问题^[2]。众多众包物流平台已经开始采取投资服务为主的非价格策略，通过提升平台服务质量来获取市场竞争优势。在众包物流服务高质量发展阶段，众包物流服务平台各自观察竞争对手投资服务策略，如何有效选择是否投资服务质量已成为平台获取竞争优势的关键问题。

目前，学者们对众包物流平台的研究主要集中于定价策略和任务分配两方面。定价策略方面的研究有动态定价、竞争定价、任务定价等方法。如王文杰等^[3]利用伯特兰德价格竞争博弈方法来考虑随机需求下服务商竞争的众包物流平台动态定价，相似的还有文献[4-5]。Wang等^[6]基于最优控制理论研究在供需平衡和累计交货订单最小化两种情况下的最优定价策略。另外，还有马华等^[7]从工作者能力评估、冉家敏等^[8]从服务质量角度

等方面进行了探究。任务分配方面，Shen等^[9]利用PTMA，以支持从文本任务需求出发的软件来研究众包早期任务定价。Liang等^[10]构建新颖的三向决策(TWD)，设计了两阶段竞合模型来解决众包任务分配。Dai等^[11]建立了一个M/M/N排队模型，以最小化总运营成本为目标优化众包人员配置。

随着用户意识的提升，效用因素逐渐成为定价策略研究中的重要因素，这方面的研究日益增多。董骏峰等^[12]考虑淡旺季用户效用的不同，根据实际用电需求设计适合居民的用电方案。张轩等^[13]考虑消费者和服务者的效用，结合平台需求端和供给端的不确定性，分析服务平台的产品定价、最优激励、商业模式和效率损失传导。金亮等^[14]考虑消费者对产品质量的异质性偏好，建立消费者购买质量差异化产品的效用函数，构建单源采购策略和双源采购策略下的供应链博弈模型。官振中等^[15]根据显著性理论和网络外部性构建消费者效用函数，分析了消费者显著性思维程度和网络外部性强度对均衡结果的影响。

综上所述，目前关于众包物流平台的研究主要着眼于对其定价的研究，大多数研究将平台服务质量和价格作为外生变量，并结合众包物流的特点来建立模型，但从消费者和配送人员的效用角度进行平台投资建设和最优决策分析的研究并不多。基于此，本文拟通过构建消费者和配送人员的效用函数，探讨两个竞争的众包物流平台在不同投资情况下的最优利润和最优价格，从而为众包物流平台投资决策作参考。

1 基本模型构建

结合有关众包物流平台定价影响因素的研究进行假设：一方面，平台的服务质量和产品价格是形成消费者和配送人员效用价值的主要组成；另一方面，受交叉网络外部性的影响，消费者和配送人员的效用会受其影响。基于这两点假设，市场上存在两个众包物流平台*i*, *j*，它们提供的服

务质量近乎相同,分析两平台在均不投资、一方投资一方不投资、两方均投资的3种情况下的定价策略。模型相关假设和参数设定如下所示:

a. 市场的初始状态是两平台均不投资,根据Hotelling模型和效用函数设置平台*i*,*j*分别位于[0, 1]两个端点,假设市场中消费者偏好均匀分布在间距为1的线段内。

b. 假设市场上存在两个众包物流平台,它们的运作模式相同,拥有相同的服务质量,两平台的投资系数会影响平台的服务质量,并且投资系数 ε_i ($i=1,2$)和服务质量呈线性关系 $(1+\varepsilon_i)q$,平台所需成本为 $\frac{1}{2}\varepsilon_i^2 c$ 。

c. 消费者的理想位置为 x ,消费者与平台之间的距离会产生单位损失成本 λ ,配送人员的理想位置为 y ,配送人员与平台之间的距离会产生损失成本 t 。

d. 消费者和配送人员选择哪个平台与这个平台的用户数量大小有关,所以假设消费者和配送人员的网络外部性强度为 α_1, α_2 ,两平台的用户数量分布和配送人员数量分布分别为 $n_1^i, n_1^j, n_2^i, n_2^j$,消费者在两平台获得的网络外部效用分别为 $\alpha_1 n_1^i, \alpha_1 n_2^i$,配送人员在两平台获得的网络外部效用分别为 $\alpha_2 n_1^j, \alpha_2 n_2^j$ 。

e. 众包物流平台*i*,*j*会对消费者收取一定的费用,分别为 p_1, p_2 ,按一定的报酬率支付给配送人员,则配送人员的报酬为 kp_1, kp_2 , k 为两平台支付给配送人员的报酬率,两平台所收取的费用为 $(1-k)p_1, (1-k)p_2$ 。

f. 消费者和配送人员对价格和佣金的敏感系数为 β_1, β_2 。

g. 假设平台*i*先入主市场,平台*j*后入主市场,因此平台*i*先决定价格,并且众包物流平台上的消费者和配送人员的效用无差异点为 x, y ,都是均匀分布在线段[0, 1]上,所以 $n_1^i=x, n_1^j=1-n_1^i, n_2^i=y, n_2^j=1-n_2^i$ 。

基于以上假设和参数设定,构建消费者和配送人员在平台*i*,*j*的效用函数以及两平台的利润函数。根据赵燕飞等^[16]和王志宏等^[17]建立的买方与卖方的效用函数,结合众包物流的特点,再加入服务质量和配送人员报酬率这些因素,建立消费者和配送人员的效用函数。

消费者的效用函数包括配送人员加入平台的数量规模、消费者的网络外部性强度、服务质量、价格以及平台差异化所带来的效用,消费者

的效用函数为

$$u_1^i = \alpha_1 n_2^i + q - \beta_1 p_1 - \lambda x \quad (1)$$

$$u_1^j = \alpha_1 n_2^j + q - \beta_1 p_2 - \lambda(1-x) \quad (2)$$

配送人员的效用函数包括消费者加入平台的数量规模、配送人员的网络外部性强度、平台支付的报酬以及平台差异化所带来的效用。配送人员的效用函数为

$$u_2^i = \alpha_2 n_1^i + \beta_2 k p_1 - t y \quad (3)$$

$$u_2^j = \alpha_2 n_1^j + \beta_2 k p_2 - t(1-y) \quad (4)$$

平台的利润函数包括平台扣除配送人员报酬后的价格乘上消费者在两平台的人员数量分布,即

$$\pi_1 = (1-k)p_1 n_1^i \quad (5)$$

$$\pi_j = (1-k)p_2 n_1^j \quad (6)$$

基于以上构建的消费者和配送人员的效用函数以及两平台的利润函数,通过3种情况——两平台均不投资(S1)、一平台投资一平台不投资(S2)、两平台均投资(S3),来分析求解众包物流平台最优定价策略。

2 众包物流平台竞争定价研究

2.1 两众包物流平台均不投资(S1)下的最优决策

首先考虑两平台均不投资,也就是说两平台目前都不改善服务质量,消费者和配送人员的效用函数均不变,两平台利润也不变,联立式(1)~(4)可以求出效用无差异点 x, y 为

$$x_{S1} = \frac{\alpha_1(n_2^i - n_2^j) - \beta_1(p_1 - p_2) + \lambda}{2\lambda} \quad (7)$$

$$y_{S1} = \frac{\alpha_2(n_1^i - n_1^j) + \beta_2 k(p_1 - p_2) + t}{2t} \quad (8)$$

再把效用无差异点代入到消费者和配送人员的效用函数中,并且联立可以得出消费者和配送人员的数量分布为

$$\begin{cases} n_1^{iS1} = \frac{(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)(p_1 - p_2) + \alpha_1 \alpha_2 - t \lambda}{2(\alpha_1 \alpha_2 - t \lambda)} \\ n_1^{jS1} = 1 - n_1^i \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} n_2^{iS1} = \frac{(\beta_1 \alpha_2 - \beta_2 k \lambda)(p_1 - p_2) + \alpha_1 \alpha_2 - t \lambda}{2(\alpha_1 \alpha_2 - t \lambda)} \\ n_2^{jS1} = 1 - n_2^i \end{cases} \quad (10)$$

若两众包物流平台选择均不投资时,则两产

品的均衡定价为

$$p_1^{S1} = \frac{t\lambda - \alpha_1\alpha_2}{\beta_1 t - \beta_2 k\alpha_1} \quad (11)$$

$$p_2^{S1} = \frac{t\lambda - \alpha_1\alpha_2}{\beta_1 t - \beta_2 k\alpha_1} \quad (12)$$

将式(11)和(12)代入式(9)和(10)可得, 在均衡状态下消费者和配送人员的数量分布为

$$n_1^i = n_2^i = n_1^j = n_2^j = \frac{1}{2} \quad (13)$$

将式(11), (12), (13)同时代入式(5), (6), 可得两平台的最优利润为

$$\max \pi_i^{S1} = \max \pi_j^{S1} = (1-k) \frac{t\lambda - \alpha_1\alpha_2}{2(\beta_1 t - \beta_2 k\alpha_1)} \quad (14)$$

若要保证利润函数有最优解, 必须满足 $\alpha_1\alpha_2 - t\lambda < 0$, $\beta_1 t - \beta_2 k\alpha_1 > 0$, 或者 $\alpha_1\alpha_2 - t\lambda > 0$, $\beta_1 t - \beta_2 k\alpha_1 < 0$ 。但是, $\beta_1 t - \beta_2 k\alpha_1 < 0$ 这种情况的可能性很小, 可以忽略不计, 所以只需满足 $\alpha_1\alpha_2 - t\lambda < 0$, $\beta_1 t - \beta_2 k\alpha_1 > 0$ 这两个条件即可, 情况 S2 和 S3 也同样需要满足这两个条件。

2.2 只有一众包物流平台投资(S2)下的最优决策

众包物流平台最注重的就是消费者的服务体验, 当市场上双寡头众包物流平台之间服务质量没有差异, 构不成自身平台特色, 必然会有一平台打破这个平衡。假设 i 平台投资, 这时 i 平台消费者的服务质量有所改善, 投资的同时 i 平台也必然会产生一定的成本 c , 消费者的效用函数发生改变, 平台的利润也发生改变, 此时消费者的效用函数和利润函数为

$$u_1^{iS2} = \alpha_1 n_2^i + (1 + \varepsilon_1)q - \beta_1 p_1 - \lambda x \quad (15)$$

$$u_1^{jS2} = \alpha_1 n_2^j + q - \beta_1 p_2 - \lambda(1-x) \quad (16)$$

$$\pi_i^{S2} = (1-k)p_1 n_1^i - \frac{1}{2}\varepsilon_1^2 c \quad (17)$$

$$\pi_j^{S2} = (1-k)p_2 n_1^j \quad (18)$$

此时联立消费者和配送人员的效用函数, 得出效用无差异点为

$$x^{S2} = \frac{\alpha_1(n_2^i - n_2^j) + \beta_1(p_1 - p_2) + \varepsilon_1 q + \lambda}{2\lambda} \quad (19)$$

$$y^{S2} = \frac{\alpha_2(n_1^i - n_1^j) + \beta_2 k(p_1 - p_2) + t}{2t} \quad (20)$$

消费者和配送人员数量分布的计算方法和两平台均不投资时一样, 所得结果为

$$\begin{cases} n_1^{iS2} = \frac{(\beta_1 t - \beta_2 k\alpha_1)(p_1 - p_2) - \varepsilon_1 q t + \alpha_1\alpha_2 - t\lambda}{2(\alpha_1\alpha_2 - t\lambda)} \\ n_1^{jS2} = 1 - n_1^i \end{cases} \quad (21)$$

$$\begin{cases} n_2^{iS2} = \frac{(\beta_1\alpha_2 - \beta_2 k\lambda)(p_1 - p_2) - \varepsilon_1 q\alpha_2 + \alpha_1\alpha_2 - t\lambda}{2(\alpha_1\alpha_2 - t\lambda)} \\ n_2^{jS2} = 1 - n_2^i \end{cases} \quad (22)$$

此时, 两平台的均衡定价为

$$p_1^{S2} = \frac{3t\lambda - 3\alpha_1\alpha_2 + \varepsilon_1 q t}{3(\beta_1 t - \beta_2 k\alpha_1)} \quad (23)$$

$$p_2^{S2} = \frac{3t\lambda - 3\alpha_1\alpha_2 - \varepsilon_1 q t}{3(\beta_1 t - \beta_2 k\alpha_1)} \quad (24)$$

将式(23)和(24)代入式(21)和(22), 可得在均衡状态下消费者和配送人员的数量为

$$\begin{cases} n_1^{iS2} = \frac{1}{2} - \frac{\varepsilon_1 q t}{6(\alpha_1\alpha_2 - t\lambda)} \\ n_1^{jS2} = 1 - n_1^i \end{cases} \quad (25)$$

$$\begin{cases} n_2^{iS2} = \frac{1}{2} + \frac{\varepsilon_1 q t(2\beta_1\alpha_2 - 2\beta_2 k\lambda - 1)}{6(\beta_1 t - \beta_2 k\alpha_1)(\alpha_1\alpha_2 - t\lambda)} \\ n_2^{jS2} = 1 - n_2^i \end{cases} \quad (26)$$

将式(23), (24), (25), (26)同时代入式(17), (18)中, 可得两平台的最优利润为

$$\max \pi_i^{S2} = (1-k) \frac{(3t\lambda - 3\alpha_1\alpha_2 + \varepsilon_1 q t) \left(\alpha_1\alpha_2 - t\lambda - \frac{1}{3}\varepsilon_1 q t \right)}{6(\beta_1 t - \beta_2 k\alpha_1)(\alpha_1\alpha_2 - t\lambda)} - \frac{1}{2}\varepsilon_1^2 c \quad (27)$$

$$\max \pi_j^{S2} = (1-k) \cdot \frac{(3t\lambda - 3\alpha_1\alpha_2 - \varepsilon_1 q t) \left(\alpha_1\alpha_2 - t\lambda + \frac{1}{3}\varepsilon_1 q t \right)}{6(\beta_1 t - \beta_2 k\alpha_1)(\alpha_1\alpha_2 - t\lambda)} \quad (28)$$

2.3 两众包物流平台均投资(S3)下的最优决策

若平台 j 的利润下降, 则其必然也要进行投资, 提高服务质量, 此时, 两平台均参与投资, 那么, 消费者效用函数和平台利润可定义为

$$u_1^{iS3} = \alpha_1 n_2^i + (1 + \varepsilon_1)q - \beta_1 p_1 - \lambda x \quad (29)$$

$$u_1^{jS3} = \alpha_1 n_2^j + (1 + \varepsilon_2)q - \beta_1 p_2 - \lambda(1-x) \quad (30)$$

$$\pi_i^{S3} = (1-k)p_1 n_1^i - \frac{1}{2}\varepsilon_1^2 c \quad (31)$$

$$\pi_j^{S3} = (1-k)p_2 n_1^j - \frac{1}{2}\varepsilon_2^2 c \quad (32)$$

联立消费者和配送人员的效用函数, 得到效

用无差异点为

$$x^{S3} = \frac{\alpha_1(n_2^i - n_2^j) - \beta_1(p_1 - p_2) + q(\varepsilon_2 - \varepsilon_1) + \lambda}{2\lambda} \quad (33)$$

$$y^{S3} = \frac{\alpha_1(n_1^i - n_1^j) + \beta_2 k(p_1 - p_2) + t}{2t} \quad (34)$$

再将效用无差异点代入消费者和配送人员的效用函数中,并且联立可以得出消费者和配送人员的数量分布为

$$\begin{cases} n_1^{iS3} = \frac{(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)(p_1 - p_2) - q t(\varepsilon_2 - \varepsilon_1) + \alpha_1 \alpha_2 - t \lambda}{2(\alpha_1 \alpha_2 - t \lambda)} \\ n_1^{jS3} = 1 - n_1^i \end{cases} \quad (35)$$

$$\begin{cases} n_2^{iS3} = \frac{(\beta_1 \alpha_2 - \beta_2 k \lambda)(p_1 - p_2) - q \alpha_2(\varepsilon_2 - \varepsilon_1) + \alpha_1 \alpha_2 - t \lambda}{2(\alpha_1 \alpha_2 - t \lambda)} \\ n_2^{jS3} = 1 - n_2^i \end{cases} \quad (36)$$

若两众包物流平台均投资时,则两平台的均衡定价为

$$p_1^{S3} = \frac{3t\lambda - 3\alpha_1\alpha_2 + q t(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{3(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)} \quad (37)$$

$$p_2^{S3} = \frac{3t\lambda - 3\alpha_1\alpha_2 - q t(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{3(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)} \quad (38)$$

将式(37)和(38)代入式(35)和(36)中,可得在均衡状态下消费者和配送人员的人员数量为

$$\begin{cases} n_1^{iS3} = \frac{1}{2} - \frac{q t(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{6(\alpha_1 \alpha_2 - t \lambda)} \\ n_1^{jS3} = 1 - n_1^i \end{cases} \quad (39)$$

$$\begin{cases} n_2^{iS3} = \frac{1}{2} + \frac{q t(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)(2\beta_1 \alpha_2 - 2\beta_2 k \lambda - 1)}{6(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)(\alpha_1 \alpha_2 - t \lambda)} \\ n_2^{jS3} = 1 - n_2^i \end{cases} \quad (40)$$

将式(37),(38),(39),(40)同时代入式(31),(32)中,可得两平台的最优利润为

$$\max \pi_i^{S3} = (1-k)[3t\lambda - 3\alpha_1\alpha_2 + q t(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)] \cdot \left[\frac{\alpha_1 \alpha_2 - t \lambda - \frac{1}{3} q t(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{6(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)(\alpha_1 \alpha_2 - t \lambda)} \right] - \frac{1}{2} \varepsilon_1^2 c \quad (41)$$

$$\max \pi_j^{S3} = (1-k)[3t\lambda - 3\alpha_1\alpha_2 - q t(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)] \cdot \left[\frac{\alpha_1 \alpha_2 - t \lambda + \frac{1}{3} q t(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{6(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)(\alpha_1 \alpha_2 - t \lambda)} \right] - \frac{1}{2} \varepsilon_2^2 c \quad (42)$$

2.4 3种情形比较分析

命题1 S1情况下两平台的消费者和配送人员的数量分布、定价和利润都是相等的。

$$n_1^i = n_2^i = n_1^j = n_2^j = \frac{1}{2}, p_1^{S1} = p_2^{S1} = \frac{t\lambda - \alpha_1\alpha_2}{\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1}$$

$$\max \pi_i^{S1} = \max \pi_j^{S1} = (1-k) \frac{t\lambda - \alpha_1\alpha_2}{2(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)}$$

命题1表明在S1的情况下,在双寡头竞争市场上,两平台均不选择投资,此时两平台为实现利润最大化进行价格决策时,不存在服务差异,即使i平台先入为主,最终两平台的最优定价和最优利润都是相等的,并且两平台的消费者和配送人员的数量分布也是均衡的。所以两平台均不投资的结果是在市场上各占一方,都不能继续扩张和增加利润。

命题2 若两众包物流平台选择均不投资时,均衡决策具有如下特点:

a. 两平台的最优价格和利润关于消费者、配送人员的单位损失成本 t , λ 递增,单位损失成本越高,成本越高,定价也越高。

b. 当 $\alpha_1 < \frac{\beta_2 k \lambda}{\beta_1}$ 时,即消费者的交叉网络外部性强度较弱时,随着交叉网络外部性的提高,两平台的最优价格 p_1^{S1} , p_2^{S1} 和最优利润 π_i^{S1} , π_j^{S1} 上升;

当 $\alpha_1 > \frac{\beta_2 k \lambda}{\beta_1}$ 时,即消费者的交叉网络外部性强度较强时,随着交叉网络外部性强度的提高,两平台的最优价格 p_1^{S1} , p_2^{S1} 和最优利润 π_i^{S1} , π_j^{S1} 下降。

命题2一方面说明两平台在未投资时处于服务质量水平相当的时候,此时两平台的价格和利润受配送过程中的损失成本影响较大,成本一旦过高,价格必然也会提升。另一方面说明当消费者的交叉网络外部性强度较低时,意味着消费者对于平台的依赖性不高,此时竞争性平台之间为了争抢用户规模展开激烈竞争。当消费者的交叉网络外部性强度达到较高水平,意味着用户对于平台的依赖性较高,此时互不兼容的两平台竞争加剧。两企业为了扩大用户规模,激化了竞争性产品的价格战,因此,价格和利润都会随着 α_1 下降。

命题3 若只有一众包平台选择投资时,均衡决策具有如下特点:

$$\text{a. 当投资系数 } \varepsilon_1 < \frac{2qt(1-k)(\alpha_1\alpha_2 - t\lambda)}{3c(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)(\alpha_1\alpha_2 - t\lambda) + \frac{1}{3}q^2 t^2}$$

时,S1情况下i平台的利润更高;当投资系数 $\varepsilon_1 > \frac{2qt(1-k)(\alpha_1\alpha_2 - t\lambda)}{3c(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)(\alpha_1\alpha_2 - t\lambda) + \frac{1}{3}q^2 t^2}$ 时,S2情况下

i 平台的利润更高;但是, j 平台在 S2 情况下, 无论 i 平台的投资系数如何变化, 都是在 S1 情况下利润更高。

$$\begin{aligned} \max \pi_i^{S2} - \max \pi_i^{S1} &= (1-k) \frac{\varepsilon_1 q t \left(2\alpha_1 \alpha_2 - 2t\lambda - \frac{1}{3} \varepsilon_1 q t \right)}{6(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)(\alpha_1 \alpha_2 - t\lambda)} - \frac{1}{2} \varepsilon_1^2 c \\ \max \pi_j^{S2} - \max \pi_j^{S1} &= (1-k) \frac{\frac{1}{3} \varepsilon_1^2 q^2 t^2}{6(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)(\alpha_1 \alpha_2 - t\lambda)} \leq 0 \end{aligned}$$

b. 在 S2 的情况下, i 平台的价格大于 j 平台的价格。

$$p_2^{S2} - p_1^{S2} = \frac{-2\varepsilon_1 q t}{3(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)} \leq 0$$

命题 3 一方面表明在 S2 的情况下 i 平台的利润要想比 S1 情况下利润高, 合适的投资系数非常重要, 而 S2 情况下 j 平台的利润受竞争对手 i 平台的冲击, 利润直线下降, 并且无论 i 平台的投资系数达到多少, 消费者都开始选择 i 平台, j 平台的用户规模数量减少, 利润比在 S1 情况下有所下降。这说明服务质量对于消费者来说非常重要, 消费者会选择服务质量高的那家。另一方面说明在 S2 情况下, i 平台的定价也会比 j 平台的高, 但消费者还是会更多选择 i 平台, 消费者对于质量的敏感程度高于价格的敏感程度。

命题 4 若两众包平台均选择投资时, 以 i 平台为例, 均衡决策具有如下特点:

a. 当投资系数 $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ 时, $p_1^{S3} - p_1^{S2} < 0$, $\max \pi_i^{S3} - \max \pi_i^{S2} > 0$, 此时 S3 情况下 i 平台利润更大, 但定价比 S2 情况下更低。

b. 在投资系数 $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$ 时, $p_1^{S3} - p_1^{S2} > 0$, $\max \pi_i^{S3} - \max \pi_i^{S2} < 0$, 此时 S2 情况下 i 平台利润更大, 但定价 S3 时更高。

$$\begin{aligned} \max \pi_i^{S3} - \max \pi_i^{S2} &= (1-k) \cdot \\ &\frac{q t (\varepsilon_2 - 2\varepsilon_1) \left(2\alpha_1 \alpha_2 - 2t\lambda - \frac{1}{3} \varepsilon_2 q t \right)}{6(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)(\alpha_1 \alpha_2 - t\lambda)} + \\ &\frac{1}{2} c (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \\ p_1^{S3} - p_1^{S2} &= \frac{q t (\varepsilon_2 - 2\varepsilon_1)}{3(\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1)} \end{aligned}$$

命题 4 说明与 S3 情况相比, 在 S2 情况下, 当 i 平台的投资系数大于 j 平台时, 利润才能增加, 但由于竞争对手的影响, 价格有所下降。然而, 若 j 平台的投资系数过大, 服务质量远远超

过 i 平台, 则 i 平台必然面临利润下降的情况。

3 算例分析

为进一步验证模型的有效性, 本文运用 Matlab 软件进行数值仿真, 比较两平台在采取不同投资情况时, 投资系数对平台定价及期望利润的影响, 进而得出两平台的最优定价决策方式。

模型中的基本参数赋值为: $\alpha_1 = 0.1$, $\alpha_2 = 0.2$, $t = 0.6$, $\lambda = 0.8$, $\beta_1 = 0.2$, $\beta_2 = 0.6$, $k = 0.2$, $q = 2$, $c = 10$ 。这些参数都满足取得最优利润时的条件 $\alpha_1 \alpha_2 - t\lambda < 0$, $\beta_1 t - \beta_2 k \alpha_1 > 0$ 。

3.1 平台投资系数对最优定价的影响

图 1(a) 为只有一方投资时两平台的价格变化趋势。当只有 i 平台投资时, i 平台的价格随投资系数的升高而提高, 而 j 平台随 i 平台投资系数的升高, 价格反而降低。这是因为 i 平台服务质量的提高, 导致 j 平台只能通过降低价格来吸引顾客, 以提高利润。图 1(b) 表示在两平台均投资的情况下, 两平台的价格同时受两平台投资系数的影响, i 平台的价格随 i 平台投资系数的升高而降低, 随 j 平台投资系数的升高, 也呈下降趋势。该情况说明, 在两平台均投资时, 服务质量都提高了, 先入主市场的 i 平台只能采取降低价格的策略来提高竞争力。图 1(c) 表示 j 平台的价格是随 i 平台投资系数的升高而逐渐上升, 随 j 平台投资系数的升高, 也逐渐提高。该情况说明, 在两平台均投资时, 服务质量都提高了, 作为跟随者后入主市场的 j 平台在提高投资系数时导致成本增加, 它会选择提高价格来增加利润。

3.2 平台投资系数对最优利润的影响

图 2(a) 为 i 平台利润随投资系数的变化, 从中可以看出, 当只有 i 平台投资时, 它的利润始终高于没有投资时。由此可见, 服务质量的提高, 有效增强了竞争实力, 也增加了平台的收益。但是, 随着投资系数的提高, 利润呈现先增加后降低的趋势。这说明投资系数过高, 会导致成本压力过大, 反而引起利润的下降。当两平台均投资时, i 平台利润随着投资系数的提高瞬间下降, 这是因为两平台都通过投资提高了服务质量, 服务质量的劣势不再有用, 反而因增加投资加大了成本的支出。图 2(b) 为 j 平台利润随投资系数的变化, 明显可以看出, 在只有 i 平台投资时, j 平台的利润始终低于双方都没有投资时。这说明 j 平台

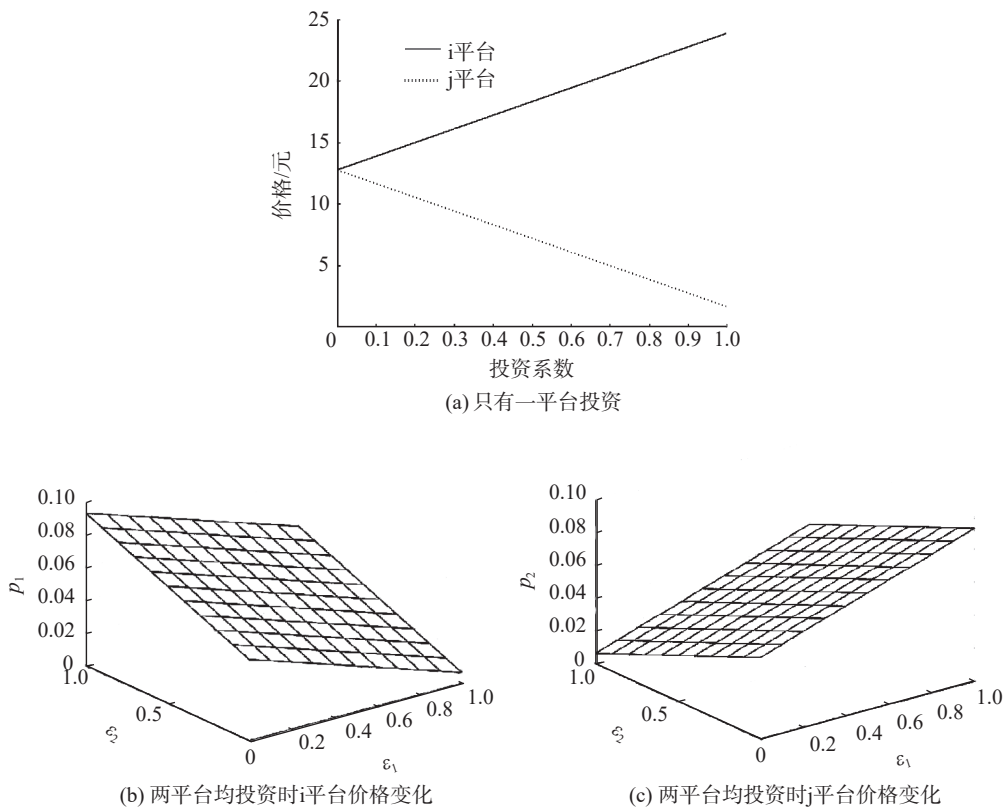


图 1 两平台定价受投资系数的影响

Fig.1 Pricing of two platforms affected by the proportion of investment

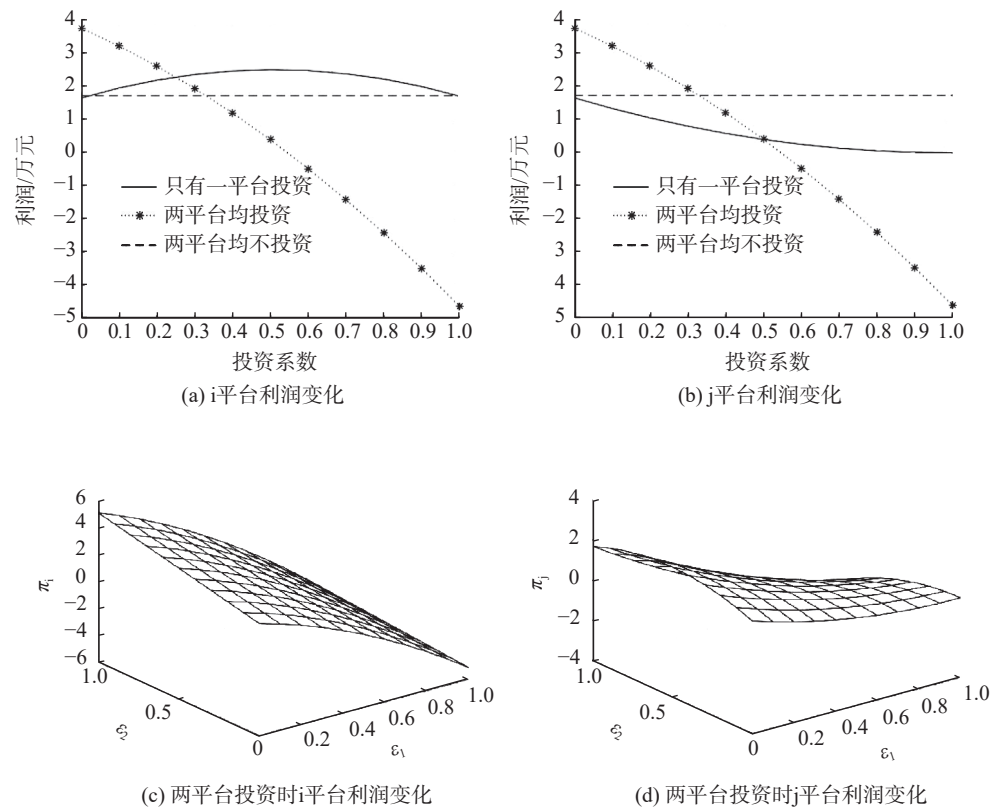


图 2 两平台利润受投资系数的影响

Fig.2 Profit of two platforms affected by the proportion of investment

失去竞争优势，利润也随着*i*平台投资系数的提高而越来越低。当两平台均投资时，*j*平台的利润和*i*平台是一样的。

图2(c)为*i*平台的利润，可以很明显地看出，这个先入主的平台随着投资系数的提高，利润下降，无论竞争对手的投资系数多少，都是呈下降趋势。图2(d)为*j*平台的利润，可以看出，随着*i*平台的投资系数利润先下降后趋于平缓，而随着自己平台的比例的提高先上升后趋于平缓，所以在市场中当双方都投资提高自身平台的服务质量，最终双方的利润都会下降。

3.3 平台投资系数对消费者和配送人员数量分布的影响

由图3(a)和(b)可知，当只有*i*平台投资时，

消费者和配送人员数量分布都呈直线上升趋势，当两平台均不投资时，消费者和配送人员的数量分布都没有什么波动。由图3(c)和(d)可知，当两平台均投资时，消费者和配送人员的数量分布随两平台投资系数的增加而增加。因为，通过增加投资成本提高了平台的服务质量，双方都能吸引一定数量的消费者和配送人员。以上结果表明，无论只有一平台投资，还是两平台均投资，投资的一方都能提高消费者和配送人员的数量分布，即较高的投资系数有助于吸引更多的消费者和配送人员加入到平台中。所以在平台发展初期，平台的策略也主要是充分发挥投资建设的作用，以形成一定的消费者和配送人员的数量规模，达到抢占市场先机的目的。

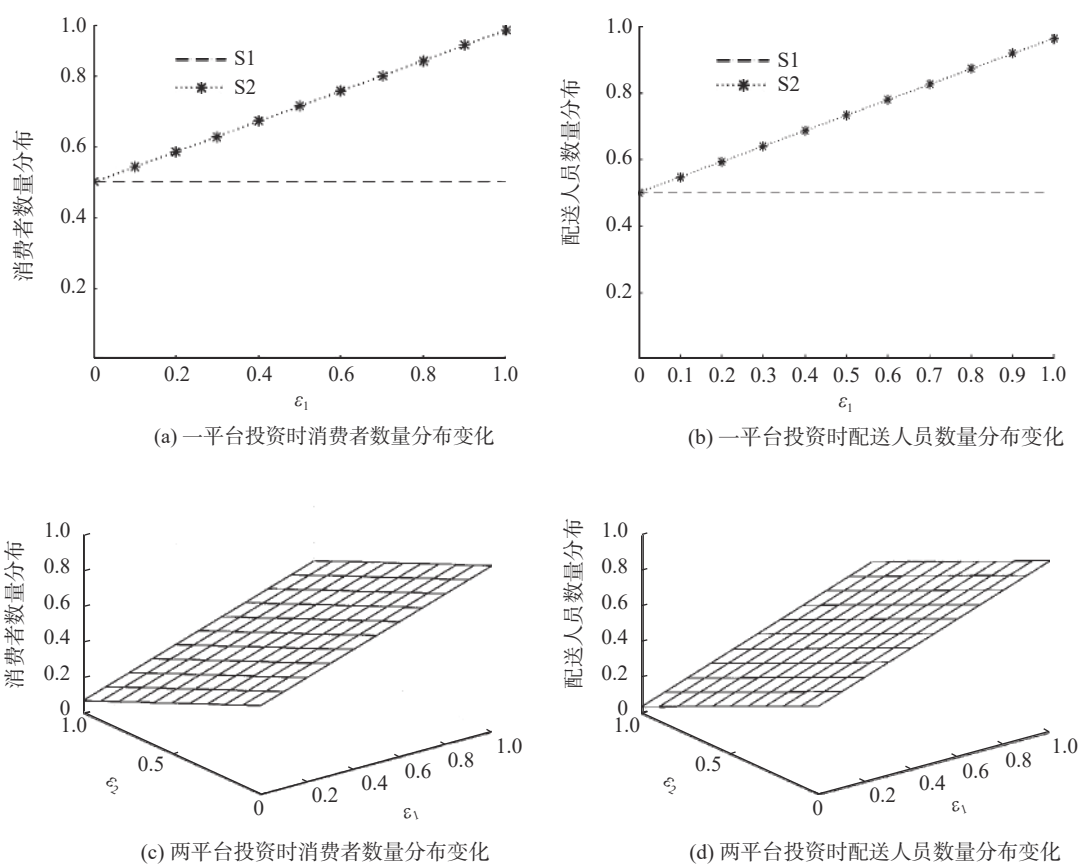


图3 消费者和配送人员数量分布受投资系数的影响

Fig.3 Quantitative distribution of consumers and delivery personnel affected by the proportion of investment

4 结 论

基于 Hotelling 模型和效用函数理论，在双寡头竞争市场上从增加投资提高服务质量的角度研究了在两平台均不投资、有一方投资、两平台均投资 3 种情况下众包物流平台的市场定价策略问

题，得到了在两平台最优利润时的最优定价和消费者、配送人员的数量分布，并对平台的不同定价策略进行比较分析。得到的主要结论和管理启示如下所示：

a. 当两个众包物流平台服务质量相差不大时，两平台的消费者和配送人员的数量分布、价

格、利润都是相等的。因此,平台适当增加投资提高服务质量,拉开和竞争对手的服务质量差距,平台的利润才能提高。

b. 为了在双寡头市场中获得更多的利润,各众包物流平台需根据竞争对手的投资情况制定定价策略。当竞争对手增加投资建设提高服务质量时,不参与投资的一方利润减少,此时应该效仿竞争对手的平台进行投资建设。但参与投资的一方也要适当控制投资系数,控制成本,投资系数的提高会增加服务平台的利润,但是过高的投资系数会导致众包物流平台获得的利润不能弥补相应增加的成本,从而导致利润减少。

c. 投资系数的增加会使平台扩大消费者和配送人员的规模,从而增强交叉网络外部性强度,达到提高消费者和配送人员效用的作用。

此外,在众包物流平台实际运营中,会受到多方面因素的共同影响,如平台的用户分布、消费者的偏好,以及不同平台的服务质量差别等。因此,众包物流平台具有多种运营模式和多种配送方式,考虑更丰富的因素对该问题进行更深入的研究,是今后研究的关注点和方向。

参考文献:

- [1] 慕静,杜田玉,刘爽,等. 基于即时配送和收益激励的众包物流运力调度研究[J]. 运筹与管理, 2018, 27(5): 58–65.
- [2] 冯云乔,严灵毓. 众包平台任务定价的一类新方法[J]. 工业工程与管理, 2018, 23(4): 145–149.
- [3] 王文杰,孙中苗,徐琪,等. 随机需求下考虑服务商竞争的众包物流动态定价策略[J]. 工业工程与管理, 2018, 23(2): 114–121.
- [4] HSIEH T P, DYE C Y. Optimal dynamic pricing for deteriorating items with reference price effects when inventories stimulate demand[J]. *European Journal of Operational Research*, 2017, 262(1): 136–150.
- [5] DO C T, TREN N H, HUH E N, et al. Dynamics of service selection and provider pricing game in heterogeneous cloud market[J]. *Journal of Network and Computer Applications*, 2016, 69(9): 152–165.
- [6] WANG W J, XIE L. Optimal pricing of crowdsourcing logistics services with social delivery capacity[J]. *Journal of Combinatorial Optimization*, 2021, doi: 10.1007/s10878-020-00693-y.
- [7] 马华,陈跃鹏,唐文胜,等. 面向工作者能力评估的众包任务分配方法的研究进展综述[J]. 计算机应用, 2021, 41(8): 2232–2241.
- [8] 冉家敏,倪志伟,彭鹏,等. 考虑空间众包工作者服务质量的分配策略及其萤火虫群优化算法求解[J]. 计算机应用, 2021, 41(4): 794–802.
- [9] SHEN Y S, YANG Y, WANG Y, et al. Software crowdsourcing task pricing based on topic model analysis[J]. *IET Software*, 2020, 14(7): 759–767.
- [10] LIANG D C, CAO W, XU Z S, et al. A novel approach of two-stage three-way co-opetition decision for crowdsourcing task allocation scheme[J]. *Information Sciences*, 2021, 559: 191–211.
- [11] DAI H Y, LIU Y L, YAN N N, et al. Optimal staffing for online-to-offline on-demand delivery systems: in-house or crowd-sourcing drivers?[J]. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 2021, 38(1): 2050037.
- [12] 董骏峰,周秀娜,梁昌勇. 考虑淡旺季用户效用的居民用电套餐模型[J]. 电力系统自动化, 2021, 45(5): 57–62.
- [13] 张轩,陈宏民,赵丹. 考虑需求端和产出端不确定性的服务平台定价和商业模式研究[J]. 中国管理科学, 2020, 28(12): 130–139.
- [14] 金亮,徐露,熊婧,等. 考虑产品质量差异化的零售商采购策略研究[J]. *管理学报*, 2021, 18(4): 578–586.
- [15] 官振中,赵娜,张爱凤,等. 垂直差异化竞争软件产品的最优定价策略[J]. 系统工程, 2021, 39(1): 133–147.
- [16] 赵燕飞,王勇. 考虑卖方用户部分多归属的双寡头双边平台增值服务与定价竞争策略研究[J]. 预测, 2020, 39(4): 76–82.
- [17] 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(7): 1081–1087.

(编辑:丁红艺)