

DOI 编码: 10.3969/j.issn.1672-884x.2024.01.013

考虑服务供应能力和服务质量的 众包物流服务定价策略

张 念 刘志学 李 锋
(华中科技大学管理学院)

摘要: 通过考虑订单需求量与服务供应能力的关系,分别构建基于服务供应能力以及基于服务供应能力和服务质量的众包物流服务定价模型,提出最优的服务价格与服务质量决策;在此基础上,比较不同定价模式的最优决策和企业利润,并分析众包配送员报酬率对最优决策和企业利润的影响。研究发现,众包物流企业在基于服务供应能力和服务质量的定价模型中能获得更高的利润;此外,不同条件下服务价格与报酬率成反比或随着报酬率的增加先上升再下降,而服务质量和众包物流企业利润都随着报酬率的增加先上升后下降。

关键词: 众包物流; 定价策略; 服务质量; 服务供应能力; 报酬率

中图分类号: C93 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-884X(2024)01-0127-10

Pricing Strategy for Crowdsourced Logistics Services Considering Service Supply Capacity and Service Quality

ZHANG Nian LIU Zhixue LI Feng

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China)

Abstract: By considering the relationship between order demand and service supply capacity, this study constructs crowdsourced logistics service pricing models based on service supply capacity only and both service supply capacity and service quality, respectively, and proposes the optimal service price and service quality decisions. On this basis, the optimal decisions and enterprise profits of different pricing models are compared, and the impact of compensation rate of crowdsourced deliverers on the optimal decisions and enterprise profit is analyzed. The study found that crowdsourced logistics enterprises can obtain higher profits under the pricing model based on service supply capacity and service quality. What's more, the service price is inversely proportional to the compensation rate or first rises and then decreases with the increase of the compensation rate under different conditions, while both the service quality and the profit of crowdsourced logistics enterprises increase first and then decrease with the increase of the compensation rate.

Key words: crowdsourced logistics; pricing strategy; service quality; service supply capacity; compensation rate

1 研究背景

近年来,我国物流业一直呈现快速发展态势,但最后一公里配送环节仍是制约物流业进一步发展的的重要因素。通过对 O2O 大型零售企业城市物流总成本的研究,最后一公里末端配送成本占比 60% 以上^[1]。在此背景下,具有

整合社会闲置资源、高效率、低成本等优势众包物流模式应运而生,并发挥着越来越重要的作用^[2]。在众包物流服务运作过程中,合理的定价决策不仅关系到众包物流企业的市场规模,而且会影响企业的长远利益,因而对众包物流企业十分重要。作为连接消费者物流服务需求与社会闲置资源的纽带,众包物流企业的服

收稿日期: 2022-09-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(72171097, 71931005, 71801103)

务供应能力主要取决于众包配送员数量。然而,由于众包配送员的社会性和非雇佣性等特征,他们可以灵活选择工作时间、工作地点以及是否接单等。这导致众包物流企业服务能力具有不确定性特点,企业的实际运作也会面临物流服务供需不平衡问题。具体而言,当订单需求量超过众包配送员数量(供不应求)时,众包物流企业将延误甚至损失消费者订单;当众包配送员数量超过订单需求量(供过于求)时,物流服务资源又不能得以充分利用。因此,如何在供需不平衡市场环境下,确定最优物流服务价格并调节供应能力,是众包物流企业亟需解决的实际问题,对其进行研究具有重要的理论意义与实际价值。

随着人们生活水平日益提高,消费者不仅关注众包物流服务价格,而且关心服务质量带来的主观感受。然而,众包配送员准入门槛低,自主决定接单与配送工作,这种非雇佣性特征使得服务质量成为众包物流企业的短板,难以有效满足消费者需求,降低了消费者选择众包物流服务的意愿。因此,在充分考虑众包物流服务质量的前提下探讨众包物流企业定价策略,对于提高消费者满意度,进而扩大市场需求,促进众包物流企业的生存和发展至关重要。

综上所述,供需不平衡和服务质量等问题在众包物流服务中都十分常见。本研究将考虑服务供应能力和服务质量,探究众包物流企业的最优服务价格与服务质量决策,分析引入服务质量对众包物流企业定价决策与利润的影响,并探讨众包配送员报酬率对最优决策和企业利润的影响。

2 文献综述

目前,对于众包物流的研究主要集中在服务模式运作特点、众包配送员参与行为影响因素和路径优化等方面。而在关于众包物流服务定价的研究中,KUNG 等^[3]在网络外部性环境下,探讨众包物流服务会员定价、交易定价和交叉补贴定价 3 种定价策略,并指出当不存在配送时间折扣且消费者的订单频率对价格不敏感时,这 3 种定价策略是等价的。YILDIZ 等^[4]研究了在给定物流服务质量的情形下,使众包物流企业利润最大化的最优服务区域、配送能力结构和众包配送员报酬。HE 等^[5]基于一个 O2O 平台具有众包配送能力和外包其配送服务给第三方众包物流企业两种情形,比较研究平台如何向杂货零售商收取费用以及为众包物

流服务定价。

考虑服务供应能力的众包物流服务定价研究中,王文杰等^[2]基于社会配送供应特性和累积损失订单成本,探讨随机需求下供给与需求平衡时众包物流服务的最优定价策略,研究发现,动态定价策略可以提高社会配送供应能力,最大化众包物流服务平台期望收益。WANG 等^[6]研究在供需平衡和累积配送订单最小化这两种情形下的最优定价策略,所建模型也可调节社会配送供应能力,以满足高峰期的随机需求。孙中苗等^[7]考虑乘运供应能力,探究不同竞争情形(乘车需求竞争和承运供应竞争)下网约车平台的动态定价问题。上述众包物流服务定价研究虽然考虑了服务供应能力,但都是基于供需平衡或供应能力过剩的假设,而本研究是充分考虑供需可能存在的两种情形(供不应求和供过于求),更加符合企业实际。

考虑服务质量的众包物流服务定价研究中,NAN 等^[8]基于网络外部性,探讨考虑客户服务质量偏好的众包物流服务动态定价问题,研究表明,对于高质量的众包物流服务,平台应提高价格以增加销售额和收入。CHEN 等^[9]探讨利用出租车同时运送乘客和包裹的众包物流服务,提出一个最大化订单及时到达概率的框架模型以保证服务质量。孟秀丽等^[10]为优化众包物流服务质量,考虑众包平台罚金政策,不仅为众包平台优化服务价格和服务质量,还为接包方决策最优的服务质量。孟秀丽等^[11]还对推出延误险服务如何改进和优化众包物流服务质量进行探讨,通过建立多期众包物流服务价格和服务质量决策模型并求解,发现延误险服务对众包物流服务质量具有明显提升作用。上述众包物流服务定价研究虽然考虑了服务质量,但都是基于众包物流企业可以完全满足所有订单需求的假设,而实际中的订单需求不一定能被完全满足。

综上所述,鲜有文献在研究众包物流服务定价策略的同时考虑服务供应能力和服务质量的影响。鉴于此,本研究针对众包配送员的非雇佣性特征,考虑服务供应能力和服务质量,构建最大化企业利润的众包物流服务定价模型,给出最优的服务价格和服务质量决策。

3 问题描述与模型建立

考虑市场上存在一个众包物流企业,连接着物流服务市场需求和供应。众包物流企业不收取任何费用(如注册费等),供需双方无需任

何成本便可加入。此外,物流服务订单和众包配送员为一对一匹配关系,即一个订单只能分配给一个众包配送员,一个众包配送员一次只配送一个订单。本研究将考虑线性报酬结构,即众包物流企业将每单服务价格中的固定部分用以支付众包配送员的报酬^[12,13]: $w=rp$ 。其中, p 表示每单众包物流服务价格; w 为众包物流企业提供给众包配送员的每单报酬; $r(0<r<1)$ 为固定的报酬率。

通常订单需求量即为企业实际订单满足量。值得注意的是,众包配送员的非雇佣性特征使得订单需求量 D 与服务供应能力 S 的关系具有不确定性,众包物流企业不一定能满足所有订单需求。因此,本研究在建立模型时充分考虑订单需求量与服务供应能力的关系,分为供过于求和供不应求两种情形分别进行讨论。在此基础上,为了探究考虑服务质量 q 的意义,本研究先假设订单需求量(服务供应能力)只与服务价格(每单报酬)有关,进而假设订单需求量(服务供应能力)由服务价格(每单报酬)和服务质量共同决定。基于以上分析,首先构建仅考虑服务供应能力的众包物流服务定价模型(BM),然后建立同时考虑服务供应能力和服务质量的众包物流服务定价模型(SM),模型结构见图1。本研究所采用的符号定义见表1。

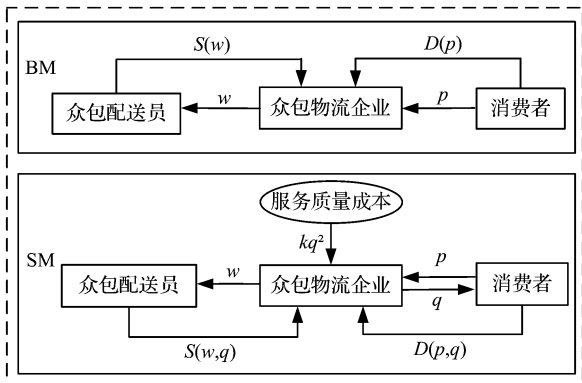


图1 众包物流服务定价模型

表1 符号定义

符号	定义
D	众包物流服务订单需求量
S	众包物流服务供应能力
p	众包物流服务价格
w	众包物流企业给予众包配送员的每单报酬
r	众包配送员报酬率
q	众包物流服务质量
k	众包物流服务质量成本系数
a	众包物流服务市场规模
b	消费者的服务价格敏感系数
φ	消费者的服务质量敏感系数
θ	众包配送员的报酬敏感系数
τ	众包配送员的服务质量敏感系数

3.1 考虑服务供应能力的众包物流服务定价模型

订单需求量仅受到服务价格的影响,价格越低则需求越大,不失一般性,可采用订单需求函数 $D=a-bp$ 。在构造服务供应函数时,考虑到众包配送员可能存在的策略性行为(如对报酬敏感),参照王文杰等^[2]和孙中苗等^[7]的研究,可将其表示为 $S=\theta w$ 。其中, θ 反映服务供应能力随报酬变化的敏感程度。考虑到众包配送员的非雇佣性特征,他们是否参与众包配送活动很大程度取决于众包物流企业提供的报酬。所以,本研究聚焦于分析 $\theta>b$ 的情形,即众包配送员的报酬敏感系数大于消费者的服务价格敏感系数。

基于以上分析,众包物流企业的利润函数可表示为 $\pi(\text{BM})=(p-w)\cdot\min\{D,S\}$ 。其中, $\min\{D,S\}$ 表示实际订单满足量。考虑供需不平衡的两种情形:供过于求($D<S$)和供不应求($D\geq S$),利润函数可进一步表示为

$$\pi(\text{BM})=\begin{cases}(p-rp)(a-bp), & a-bp<\theta rp; \\ (p-rp)\theta rp, & a-bp\geq\theta rp.\end{cases}\quad (1)$$

求解此分段函数,可得模型BM的最优服务价格(见引理1),进而得出最优众包配送员报酬、订单需求量、服务供应能力和众包物流企业利润。

引理1 模型BM中,最优服务价格为

$$p^*(\text{BM})=\begin{cases}\frac{a}{b+r\theta}, & 0<r\leq\frac{b}{\theta}; \\ \frac{a}{2b}, & \frac{b}{\theta}<r<1.\end{cases}\quad (2)$$

证明 首先,按供过于求($D<S$)和供不应求($D\geq S$)两种情形分别求解可得:当 $0<r\leq b/\theta$ 时, $p^*(D<S)=a/(b+r\theta)$;当 $b/\theta<r<1$ 时, $p^*(D<S)=a/(2b)$, $p^*(D\geq S)=a/(b+r\theta)$ 。然后,将两种情形下的企业利润进行比较:① $0<r\leq b/\theta$ 时, $\pi^*(D<S)=\pi^*(D\geq S)=[a^2r\theta(1-r)]/(b+r\theta)^2$ 。所以,模型BM的最优企业利润为 $\pi^*(\text{BM})=[a^2r\theta(1-r)]/(b+r\theta)^2$,对应的最优服务价格为 $p^*(\text{BM})=a/(b+r\theta)$ 。② $b/\theta<r<1$ 时,由于 $\pi^*(D<S)-\pi^*(D\geq S)=[a^2(1-r)(b-r\theta)^2]/[4b(b+r\theta)^2]>0$ 恒成立,因而模型BM的最优企业利润为 $\pi^*(\text{BM})=\pi^*(D<S)=[a^2(1-r)]/(4b)$,对应的最优服务价格为 $p^*(\text{BM})=a/(2b)$ 。

由引理1及其他最优结果可知,众包物流企业的定价决策会随着报酬率的提高而改变,且当报酬率较小($0<r\leq b/\theta$)时,最优定价决策下订单需求量和供应能力相等,即结果符

合 $D \geq S$ 情形;而当报酬率较大($b/\theta < r < 1$)时,最优定价决策下订单需求量小于服务供应能力,即结果符合 $D < S$ 情形。

3.2 考虑服务供应能力和服务质量的众包物流服务定价模型

在 3.1 节基础上,引入服务质量的影响,参考严建援等^[14]和石国强等^[15]的研究,订单需求函数可表示为 $D = a - bp + \varphi q$ 。众包物流企业为了避免因众包配送员产生的服务质量风险,提供让消费者满意的服务,便会做出系列努力。例如,企业可以通过提高众包配送员准入条件及加强培训,增加对众包配送员的奖惩机制,加强实时反馈众包配送员信息和配送进程的有效性,以加强对众包配送员的监管和约束。因此,本小节假设服务供应函数为 $S = \theta\omega - \tau q$ 。本研究聚焦于讨论 $\varphi > \tau$ 的情形,即消费者的服务质量敏感系数大于众包配送员的服务质量敏感系数。此外,假设市场规模 a 足够大,以保证市场需求为正($a > \max\{a_1, a_2\}$, $a_1 = \tau/(\varphi - \tau)$, $a_2 = [\tau(2b\tau - \theta\varphi)]/[2b(\varphi - 2\tau)\varphi]$)。

相较于模型 BM,模型 SM 的成本不仅包括支付给众包配送员的报酬,还包括服务质量成本。参考 MOORTHY^[16]、HA 等^[17]及方德斌等^[18]的研究,服务质量成本可表示为 kq^2 。考虑到不能无限制提高服务质量,本研究聚焦于 $k > \max\{k_1, k_2\}$ 的情形,其中 $k_1 = [(b\tau + \theta\varphi)(\tau + \varphi)]/(2b\theta)$, $k_2 = \varphi^2/\theta$ 。

基于以上分析,众包物流企业的利润函数可表示为 $\pi(\text{SM}) = (p - \omega) \cdot \min\{D, S\} - kq^2$ 。同样地,模型 SM 也分为供过于求($D < S$)和供不应求($D \geq S$)两种情形讨论,则利润函数进一步表示为

$$\pi(\text{SM}) = \begin{cases} (p - rp)(a - bp + \varphi q) - kq^2, & D < S; \\ (p - rp)(\theta r p - \tau q) - kq^2, & D \geq S. \end{cases} \quad (3)$$

针对上述利润函数的求解,建立拉格朗日函数,并通过 KKT 条件求得模型 SM 的最优服务价格和服务质量(见引理 2)。其中, $H = b^2k + b[2kr\theta + (1-r)\tau(\tau + \varphi)] + r\theta[kr\theta - (1-r)\varphi(\tau + \varphi)]$, $r_1 = (b\tau)/[\theta(\tau + 2\varphi)]$, $r_2 = (2abk + \tau\varphi)/(2ak\theta + \tau\varphi)$ 。进而得出最优众包配送员报酬、订单需求量、服务供应能力和众包物流企业利润。

引理 2 模型 SM 中,最优服务价格和服务质量分别为

$$p^*(\text{SM}) =$$

$$\begin{cases} \frac{a[2bk + 2kr\theta + (1-r)\tau(\tau + \varphi)]}{2H}, & r_1 < r \leq r_2; \\ \frac{2ak}{4bk - (1-r)\varphi^2}, & r_2 < r < 1; \end{cases} \quad (4)$$

$$q^*(\text{SM}) = \begin{cases} \frac{a(1-r)[r\theta(\tau + 2\varphi) - b\tau]}{2H}, & r_1 < r \leq r_2; \\ \frac{a(1-r)\varphi}{4bk - (1-r)\varphi^2}, & r_2 < r < 1. \end{cases} \quad (5)$$

证明 首先,按供过于求($D < S$)和供不应求($D \geq S$)两种情形分别求解:①供过于求时,建立拉格朗日函数 $L(p, q, \lambda) = (1-r)p(a - bp + \varphi q) - kq^2 + \lambda(\theta r p - \tau q - a + bp - \varphi q)$,通过求解 KKT 条件可得,当 $r_2 < r < 1$ 时,最优解为 $p^*(D < S) = (2ak)/[4bk - (1-r)\varphi^2]$, $q^*(D < S) = [a(1-r)\varphi]/[4bk - (1-r)\varphi^2]$, $\lambda = 0$;②供不应求时,建立拉格朗日函数 $L(p, q, \mu) = (1-r)p(\theta r p - \tau q) - kq^2 + \mu(a - bp + \varphi q - \theta r p + \tau q)$,通过求解 KKT 条件可得,当 $r_1 < r < 1$ 时,最优解为 $p^*(D \geq S) = [a(2bk + 2kr\theta + (1-r)\tau(\tau + \varphi))]/(2H)$, $q^*(D \geq S) = [a(1-r)(r\theta(\tau + 2\varphi) - b\tau)]/(2H)$, $\mu = [a(1-r)(4kr\theta + (1-r)\tau^2)]/(2H)$ 。

然后,将两种情形下的企业利润进行比较。容易证明,当 $k > k_1$ 时有 $r_2 > r_1$,于是作如下分类讨论:①当 $r_1 < r \leq r_2$ 时,报酬率较小,服务供应能力相应较小,供过于求的情形无法实现。因此,模型最优解符合供不应求($D \geq S$)这种情形的求解结果。②当 $r_2 < r < 1$ 时, $\pi^*(D < S) - \pi^*(D \geq S) = [a^2(1-r)(2k(r\theta - b) - (1-r)\tau\varphi)^2]/[4(4bk - (1-r)\varphi^2)H] > 0$ 恒成立,所以模型最优解符合供过于求($D < S$)这种情形的求解结果。

4 结果分析

4.1 模型对比分析

为了探究模型 BM 和 SM 的区别,接下来对比其服务价格、订单需求量、服务供应能力和企业利润。由于报酬率非常小时,模型 SM 中可能没有众包配送员愿意提供配送服务,导致众包物流企业无法运营。因此,本小节聚焦于报酬率的范围为 $r_1 < r < 1$ 的情形,得到命题 1。

命题 1 ①众包物流企业的最优服务价格在模型 SM 中较模型 BM 中更高,即 $p^*(\text{SM}) > p^*(\text{BM})$ 。②当 $r_1 < r < (b\tau)/(\theta\varphi)$ 时,众包物流企业的最优订单需求量在模型 SM 中较模型 BM 中更少,即 $D^*(\text{SM}) < D^*(\text{BM})$;当 $(b\tau)/(\theta\varphi) < r < 1$ 时, $D^*(\text{SM}) > D^*(\text{BM})$ 。③若 $0 <$

$\tau < \varphi/2$, 当 $r_1 < r < (b\tau)/(\theta\varphi)$ 时, 最优服务供应能力在模型 SM 中较模型 BM 中更少, 即 $S^*(SM) < S^*(BM)$; 当 $(b\tau)/(\theta\varphi) < r < 1$ 时, $S^*(SM) > S^*(BM)$ 。若 $\varphi/2 < \tau < \varphi$, 当 $r_1 < r < (b\tau)/(\theta\varphi)$ 或 $r_2 < r \leq (2b\tau)/(\theta\varphi)$ 时, $S^*(SM) < S^*(BM)$; 当 $(b\tau)/(\theta\varphi) < r \leq r_2$ 或 $(2b\tau)/(\theta\varphi) < r < 1$ 时, $S^*(SM) > S^*(BM)$ 。④众包物流企业的利润在模型 SM 中较模型 BM 中更高, 即 $\pi^*(SM) > \pi^*(BM)$ 。

证明 服务供应能力比较结果的证明过程具有代表性, 本研究其他命题结论的证明均可参照此证明过程。易证 $r_1 < b/\theta < r_2$ 。于是按照 $r_1 < r \leq b/\theta$, $b/\theta < r \leq r_2$ 和 $r_2 < r < 1$ 分类讨论。

当 $r_1 < r \leq b/\theta$ 时, $S^*(SM) - S^*(BM) = [a(1-r)F_1]/[2(b+r\theta)H]$, 由 $\partial^2 F_1/\partial r^2 = \theta^2\varphi(\tau+2\varphi) > 0$ 知 F_1 为关于 r 的凸函数。由 $F_1=0$ 求得两个解为 r_1 和 $(b\tau)/(\theta\varphi)$, 且 $r_1 < (b\tau)/(\theta\varphi)$; 又 $F_1(r=b/\theta) = 2b^2\varphi(\varphi-\tau) > 0$, 所以, 当 $r_1 < r < (b\tau)/(\theta\varphi)$ 时 $F_1 < 0$, 推出 $S^*(SM) < S^*(BM)$; 当 $(b\tau)/(\theta\varphi) < r \leq b/\theta$ 时 $F_1 > 0$, 推出 $S^*(SM) > S^*(BM)$ 。

当 $b/\theta < r \leq r_2$ 时, $S^*(SM) - S^*(BM) = (aF_2)/(2bH)$, $\partial^3 F_2/\partial r^3 = -6\theta^2[k\theta + \varphi(\tau + \varphi)] < 0$, 即 $\partial^2 F_2/\partial r^2$ 与 r 成反比。 $\partial^2 F_2/\partial r^2(r=b/\theta) = F_3$, 且 F_3 与 k 成反比($\partial F_3/\partial k = -6b\theta^2 < 0$), 又 $F_3(k=k_1) = -\theta[\theta\varphi(\tau + \varphi) + b(\tau^2 + 5\tau\varphi + 6\varphi^2)] < 0$, 因而 $\partial^2 F_2/\partial r^2(r=b/\theta) = F_3 < 0$, 可推出当 $r > b/\theta$ 时 $\partial^2 F_2/\partial r^2 < 0$, 即 F_2 为关于 r 的凹函数。 $F_2(r=b/\theta) = [b^2(\theta-b)(\varphi-\tau)\varphi]/\theta > 0$, $F_2(r=r_2) = F_4/(2ak\theta + \tau\varphi)^3$ 。其中, $F_4 = 2abk(b-\theta)\theta\tau(\tau+2\varphi)(2abk + \tau\varphi)(2ak\theta + \tau\varphi) + b^2k(2ak\theta + \tau\varphi)^2 \cdot (2a(bk\theta - b\tau^2 + \theta\tau^2) + \theta\tau\varphi) - \theta^2(2abk + \tau\varphi)^2 \cdot (2ak(b-\theta)\varphi(\tau + \varphi) + k\theta(2abk + \tau\varphi))$ 。通过类似方法可证 $F_4 > 0$, 即 $F_2(r=r_2) > 0$ 。综上有 $F_2 > 0$, 即 $S^*(SM) > S^*(BM)$ 。

当 $r_2 < r < 1$ 时, $S^*(SM) - S^*(BM) = [a(1-r)\varphi(r\theta\varphi - 2b\tau)]/[2b(4bk - (1-r)\varphi^2)]$, 此等式的正负取决于 $F_5 = r\theta\varphi - 2b\tau$ 的正负。 F_5 与 r 成正比, 又 $F_5(r=r_2) = F_6/(2ak\theta + \tau\varphi)$, $\partial F_6/\partial k = 2ab\theta(\varphi - 2\tau)$, 若 $\tau < \varphi/2$, 则 F_6 与 k 成正比, 又 $F_6(k=k_2) = \varphi[2ab\varphi(\varphi - 2\tau) + \tau(\theta\varphi - 2b\tau)] > 0$, 可推出 $F_6 > 0$, 即 $F_5(r=r_2) > 0$, 进而 $F_5 > 0$, 于是有 $S^*(SM) > S^*(BM)$ 。若 $\varphi/2 < \tau < \varphi$, 同理可证 $r_2 < r \leq (2b\tau)/(\theta\varphi)$ 时 $S^*(SM) < S^*(BM)$, $(2b\tau)/(\theta\varphi) < r < 1$ 时 $S^*(SM) >$

$S^*(BM)$ 。综上所述可得命题 1③的结论。

由命题 1 可以发现: ①相较于模型 BM, 模型 SM 的服务价格更高。这是因为模型 SM 考虑了服务质量, 额外增加了服务质量成本, 众包物流企业为了保证利润, 就会提高服务价格。②众包物流企业在模型 SM 中获得的利润比在模型 BM 中的更高。经过比较发现, 报酬率 r 在 $((b\tau)/(\theta\varphi), 1)$ 区间上时, 模型 SM 的实际订单满足量大于模型 BM 的实际订单满足量; 同时, 模型 SM 的定价高于模型 BM 的定价。所以, 在此报酬率范围内, 众包物流企业利润在模型 SM 中较模型 BM 中更高。而当报酬率 $r \in (0, (b\tau)/(\theta\varphi))$ 时, 比较发现, 模型 SM 的实际订单满足量小于模型 BM 的实际订单满足量, 又模型 SM 中的企业利润大于模型 BM 中的企业利润, 意味着此时单个订单收入(服务价格)的影响大于实际订单满足量的影响。③报酬率较小时, 模型 SM 的订单需求量小于模型 BM 的订单需求量, 报酬率大于临界值 $(b\tau)/(\theta\varphi)$ 后, 情况反之。说明当报酬率较小时, 服务价格比服务质量对订单需求量影响程度更大, 又已知模型 SM 的服务价格更高, 所以该模型的订单需求量更小; 而当报酬率较大时, 转变为服务质量对订单需求量影响程度更大, 又已知模型 SM 的服务质量更高, 从而导致该模型的订单需求量更大。相较于不同模型订单需求量大小关系只受报酬率的影响, 服务供应能力比较结果还与服务质量敏感系数有关。

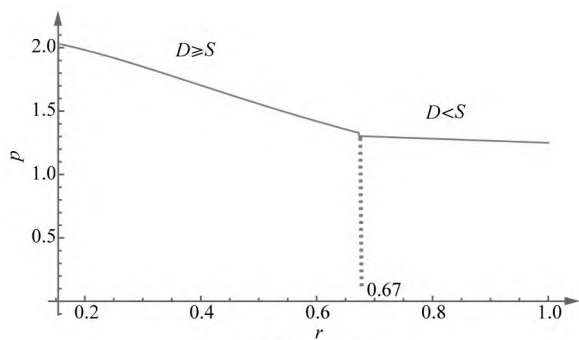
4.2 敏感性分析

考虑到报酬率的大小直接影响众包配送员的参与行为, 即可以决定众包物流服务供应能力, 而充足的服务供应能力是众包物流企业得以运营的前提, 并且也能以此增加消费者采用众包物流服务的意愿, 从而提高订单需求量, 众包物流企业因此得以持续发展。鉴于报酬率的重要程度, 本节以模型 SM 为分析对象, 研究报酬率对服务价格、服务质量和企业利润的影响, 分别得到命题 2~命题 4。为了直观地描述报酬率的影响, 参照孟秀丽等^[19]的研究, 采用如下参数组合进行数值实验: $a=5, b=2, \varphi=1, \tau=0.6$, 其他参数(θ, k)的设置根据具体条件另加说明。

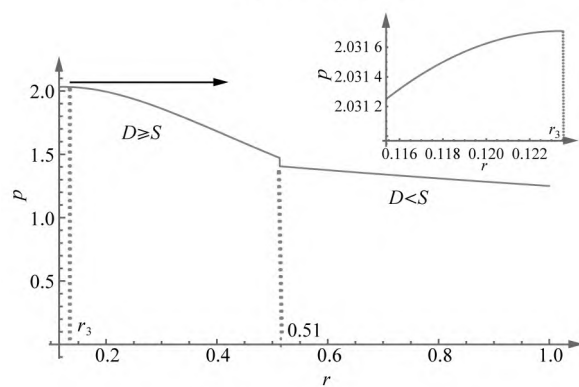
命题 2 假设 $\theta_1 = [b\tau(\tau + 2\varphi)]/\varphi^2, k_3 = [\varphi(\theta(\tau + 2\varphi) - b\tau)]/(2b\theta), r_3$ 为 $b^2k[2k\theta - \tau(\tau + \varphi)] + 2bk\theta[2kr\theta + (2r-1)\varphi(\tau + \varphi)] + \theta[2k^2r^2\theta^2 - (1-r)^2\tau\varphi(\tau + \varphi)^2 + kr\theta(\tau + \varphi)((2-r)\tau + 2r\varphi)] = 0$ 的解。① $r_1 < r \leq r_2$ 时,

若众包配送员报酬敏感系数较小,或报酬敏感系数和服务质量成本系数均较大,则服务价格随着报酬率的提高而降低,即 $b < \theta < \theta_1$ 或 $\theta > \theta_1$ 且 $k > k_3$ 时, $\partial p / \partial r < 0$; 若报酬敏感系数较大且服务质量成本系数较小,即 $\theta > \theta_1$ 且 $\max\{k_1, k_2\} < k < k_3$, 存在临界值 r_3 , $r_1 < r < r_3$ 时, $\partial p / \partial r > 0$, $r_3 < r \leq r_2$ 时, $\partial p / \partial r < 0$ 。② $r_2 < r < 1$ 时,服务价格随着报酬率的提高而降低,即 $\partial p / \partial r < 0$ 。

命题 2 对应的是报酬率对服务价格的影响(见图 2)。由图 2(a)可见,直观上服务价格 p 应该与报酬率 r 成反比。因为随着 r 的提高,众包配送员报酬也随之增加,所以为了保证利润,众包物流企业会适当降低 p 以减少提供给众包配送员的报酬成本。的确,当 $r \in (r_1, r_2]$ 时,本研究发现众包配送员的报酬敏感系数 θ 较小,或 θ 和服务质量成本系数 k 均较大时,该结论成立。由图 2(b)可知,当 θ 较大且 k 较小时,随着 r 增加, p 先提高再降低,即当 θ 较大且 k 和 r 均较小时, p 与 r 成正比。原因是,当 $r \in (r_1, r_2]$ 时,即服务供应能力不足($D \geq S$)的情形,可以通过两种途径来确保众包物流企业利润:增加收入或者降低成本。增加收入的途径可以通过提高服务价格来增加单个订单收入及实际订单满足量,而降低成本的途径可以通过



(a) θ 较小 ($\theta=3, k=1$)



(b) θ 较大且 k 较小 ($\theta=4, k=0.55$)

图 2 r 对 p 的影响

降低服务价格以减少报酬成本。所以,当 θ 较大,即众包配送员对报酬敏感时,提高服务价格会显著增加实际订单满足量,再加上较小的 k 产生较小的服务质量成本,若随着 r 在一个较小范围内增加而提高 p ,每单报酬虽然会相应增加,但是众包物流企业因提高 p 而增加的收入足以弥补总成本(报酬成本和服务质量成本),从而企业利润增加。因此,服务价格与报酬率正相关。

由命题 2 和图 2 还可知,当 $r \in (r_2, 1)$ 时,即订单需求量不足($D < S$)的情形, p 与 r 成反比。提高 r 会增加服务供应能力,加剧供需不平衡问题,所以随着 r 的提高可以降低 p ,减少服务供应能力的同时增加订单需求量,以提高实际订单满足量。然而,降低 p 也会导致单个订单收入减少。说明当 r 非常大时,实际订单满足量对于企业收入的贡献大于单个订单收入对企业收入的贡献。因此,服务价格与报酬率成反比。

命题 3 假设 $\theta_2 = [2b\varphi(\tau + \varphi) + b(\tau^4 + 6\tau^3\varphi + 13\tau^2\varphi^2 + 8\tau\varphi^3 + 4\varphi^4)^+] / [\tau(\tau + 3\varphi)]$, $\theta_3 = [b(\tau + 2\varphi)] / \tau$, k_4 为 $(b + \theta)^2\tau^2\varphi^2[b\tau - \theta(\tau + 2\varphi)] - 8abk\theta(b + \theta)^2\tau\varphi^2 + 4a^2bk\theta[\theta^2\tau(\tau + \varphi)^2 - 2b\theta\tau((\tau + \varphi)^2 - 2k\theta) - b^2(4k\theta(\tau + 2\varphi) - \tau(\tau + \varphi)^2)] = 0$ 的解, r_4 为 $b^3k\tau - kr^2\theta^3(\tau + 2\varphi) + b^2k\theta[(3 - 2r)\tau + (2 - 4r)\varphi] + b\theta[(1 - r)^2\tau(\tau + \varphi)^2 + kr\theta((2 - 3r)\tau - 4r\varphi)] = 0$ 的解。① $r_1 < r \leq r_2$ 时,若众包配送员的报酬敏感系数适中且服务质量成本系数较小,或报酬敏感系数较大,则服务质量随着报酬率的提高而提高,即 $\theta_2 < \theta < \theta_3$ 且 $\max\{k_1, k_2\} < k < k_4$ 或 $\theta > \theta_3$ 时, $\partial q / \partial r > 0$; 若报酬敏感系数较小,或报酬敏感系数适中且服务质量成本系数较大,即 $b < \theta < \theta_2$ 或 $\theta_2 < \theta < \theta_3$ 且 $k > k_4$, 存在临界值 r_4 , $r_1 < r < r_4$ 时, $\partial q / \partial r > 0$; $r_4 < r \leq r_2$ 时, $\partial q / \partial r < 0$ 。② $r_2 < r < 1$ 时,服务质量随着报酬率的提高而降低,即 $\partial q / \partial r < 0$ 。

命题 3 对应的是报酬率对服务质量的影响(见图 3)。当 $r \in (r_1, r_2]$ 时,即供不应求($D \geq S$)的情形,由图 3(a)可见,直观上服务质量 q 应该与报酬率 r 正相关。原因是随着 r 的提高,一方面,众包配送员的每单报酬增加,众包配送员既然获得了更高的报酬,也应该承担更多责任;另一方面,服务供应能力提高,即实际订单满足量增加,则企业收入增加。所以,众包物流企业愿意投入更多服务质量成本来提高服务质量,以此增强企业竞争力。当众包配送员

的报酬敏感系数 θ 适中且服务质量成本系数 k 较小,或 θ 较大时,该结论成立。由图 3(b)可知,当 θ 较小或者 θ 适中且 k 较大时,随着 r 增加, q 先提高再降低,即当 θ 较小且 r 较大,或者 θ 适中且 k 和 r 均较大时, q 随 r 单调递减。总的来说是在这两种情形下,随着 r 的提高,由于实际订单量增加而带来的收入不足以弥补高额的总成本(报酬成本和服务质量成本),因而众包物流企业会相应降低 q ,以减少服务质量成本来保证利润。具体而言,当 θ 较小,即众包配送员对报酬不敏感时,随着 r 的提高服务供应

能力增加较少,则众包物流企业收入因实际订单满足量的较少增加也只是少量增加,再加上 r 较大会产生高额的报酬成本,导致众包物流企业入不敷出,只好降低 q 以减少服务质量成本;当 θ 适中,即众包配送员对报酬比较敏感时,随着 r 的提高,服务供应能力适度增加,众包物流企业收入虽然也会适度增加,但此时 k 和 r 均较大,分别会产生高额的服务质量成本和报酬成本,导致众包物流企业适度增加的收入无法弥补高额的总成本,于是仍会降低 q 以减少服务质量成本。

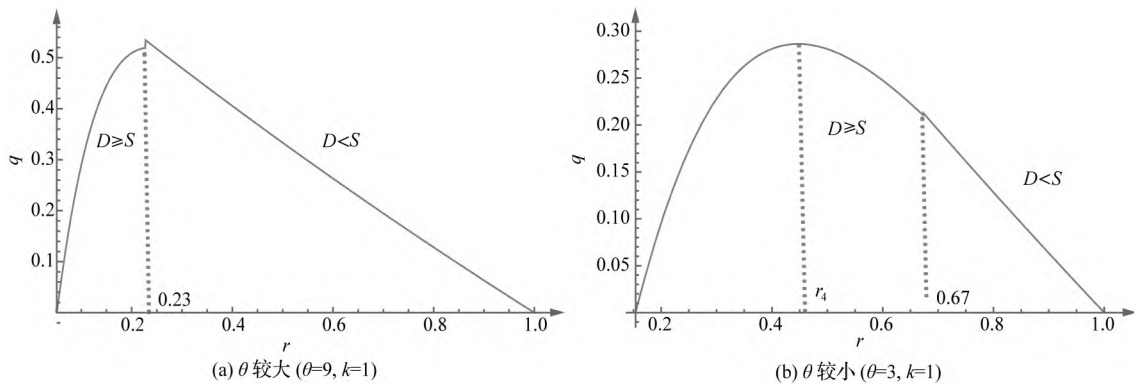


图 3 r 对 q 的影响

当 $r \in (r_2, 1)$ 时,即实际订单满足量为订单需求量($D < S$)的情形,由图 3 可知, q 与 r 负相关。随着 r 的提高,提高 q 虽然可以增加订单需求从而增加实际订单满足量,但也会导致服务质量成本的增加。这意味着当 r 非常大时,成本的影响大过收入的影响。因此,服务质量与报酬率负相关。

综合命题 2 和命题 3 可知,随着报酬率的提高,服务价格和服务质量会出现 3 种变化趋势组合(见表 2)。当众包物流企业提供更高质量的服务时,消费者自然愿意为高质量的服务

付出更多,则众包物流企业更有动机提高服务价格,即服务价格和服务质量同时提高;反之亦然,服务价格和服务质量会同时降低。本研究还发现一种有趣的现象:随着报酬率的提高,服务价格降低而服务质量提高。这是因为当报酬率提高时,众包物流企业给予众包配送员的每单报酬增加,服务供应能力也随之增加,众包物流企业就有可能降低服务价格以控制每单报酬的增加,同时提高服务质量以控制服务供应能力的增加。

表 2 报酬率 r 对决策变量 p 和 q 的影响

报酬率 范围	$r_1 < r \leq r_2$						$r_2 < r < 1$
	r 较小			r 较大			r 非常大
其他条件	θ 较大且 k 较小	θ 较小	θ 较大且 k 较大	θ 较大且 k 较小	θ 较小	θ 较大且 k 较大	无
$\partial p / \partial r$	$\partial p / \partial r > 0$		$\partial p / \partial r < 0$		$\partial p / \partial r < 0$		$\partial p / \partial r < 0$
$\partial q / \partial r$		$\partial q / \partial r > 0$		$\partial q / \partial r > 0$	$\partial q / \partial r < 0$		$\partial q / \partial r < 0$

命题 4 假设 $\theta_4 = [b(\tau^2 + 3\tau\varphi + 2\varphi^2 + (\tau^4 + 10\tau^3\varphi + 21\tau^2\varphi^2 + 12\tau\varphi^3 + 4\varphi^4)^+)] / (2\tau\varphi)$, $k_5 = [\tau(a(\theta - b)(\theta\varphi - b\tau) - \theta(b + \theta)\varphi)] / (4ab^2\theta)$, $r_5 = (2bk\theta - b\tau^2 + \theta\tau\varphi) / (4bk\theta + 2k\theta^2 - b\tau^2 + \theta\tau\varphi)$ 。① $r_1 < r \leq r_2$ 时,若众包配送员的报酬敏感系数较大且服务质量成本系数较小,则众包物流企业利润随着报酬率的提高而增加,即 $\theta > \theta_4$ 且 $\max\{k_1, k_2\} < k < k_5$ 时, $\partial \pi / \partial r > 0$ 。

若报酬敏感系数和服务质量成本系数均较大,或报酬敏感系数较小,即 $\theta > \theta_4$ 且 $k > k_5$ 或 $b < \theta < \theta_4$ 时,存在临界值 r_5 , $r_1 < r < r_5$ 时, $\partial \pi / \partial r > 0$; $r_5 < r \leq r_2$ 时, $\partial \pi / \partial r < 0$ 。② $r_2 < r < 1$ 时,众包物流企业利润随着报酬率的提高而减少,即 $\partial \pi / \partial r < 0$ 。

命题 4 对应的是报酬率对企业利润的影响(见图 4)。当 $r \in (r_1, r_2]$ 时,即服务供应能力

不足($D \geq S$)的情形,由图 4(a)可见,直观上企业利润 π 会随着报酬率 r 的提高而增加。原因是随着 r 的提高,服务供应能力提升,即实际订单满足量增加,从而 π 增加。当众包配送员的报酬敏感系数 θ 较大且服务质量成本系数 k 较小时,该结论成立。本研究还发现,当 θ 和 k 均较大,或 θ 较小时,随着 r 增加, π 先增加再减少,即当 θ, k 和 r 均较大,或 θ 较小且 r 较大时, π 与 r 负相关。原因是在这两种情形下,众包物流企业收入不足以弥补总成本,并且随着 r 的提高收入与成本之间的缺口越大,所以 π 减少。具体而言,当 θ 较大,即众包配送员对报酬敏感时,随着 r 的提高服务供应能力显著提高,即实际订单满足量显著增加,但此时 r 较大,不断提高的 r 还会使得众包物流企业支付给众包配送员的每单报酬过大,再加上 k 较大而产生的较大的服务质量成本,可能造成服务订单越多越亏损的局面。可见,此时 π 随 r 的提高而减少;当 θ 较小,即众包配送员对报酬不敏感时,随着 r 的提高服务供应能力增加较少,再加上 r 较大,此时众包物流企业不仅收入增加较少,还要产生高额的报酬成本,因而 π 减少。

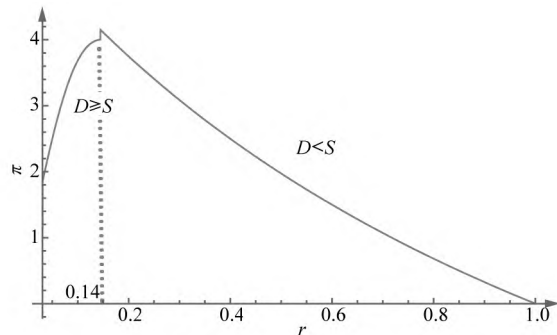
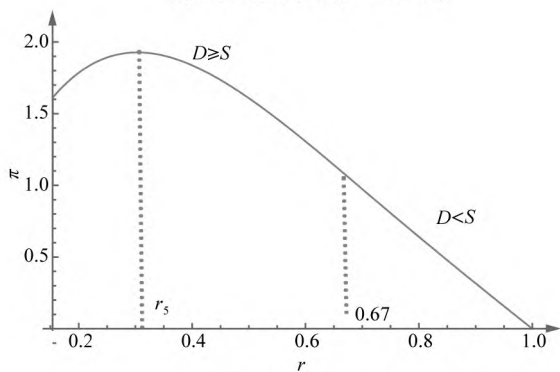

 (a) θ 较大且 k 较小 ($\theta=15, k=0.3$)

 (b) θ 较小 ($\theta=3, k=1$)

 图 4 r 对 π 的影响

当 $r \in (r_2, 1)$ 时,即订单需求量不足($D < S$)的情形,由图 4 可知, π 与 r 成反比。提高 r 意味着增加服务供应能力,不仅不会增加实际订单满足量,还增加了众包物流企业支付给众

包配送员的每单报酬。所以,企业利润随着报酬率的提高而减少。

5 模型拓展

在众包物流企业实际运营过程中,存在着激烈的市场竞争。因此,在 3.1 节基础上,引入竞争的影响构建模型 CBM。参考 QIN 等^[20]的研究,订单需求函数可表示为 $D_i = a/2 - bp_i + \beta p_{-i}$ 。 D_i 和 p_i 分别是众包物流企业 i 的订单需求量和 service 价格,其中,“ $-i$ ”表示众包物流企业 i 的竞争企业。此外, $\beta (< b)$ 刻画订单需求对竞争企业服务价格的敏感性。同理,服务供应函数为 $S_i = \theta w_i - \eta w_{-i}$ 。 S_i 和 w_i 分别是众包物流企业 i 的服务供应能力和每单报酬, $\eta (< \theta)$ 刻画服务供应对竞争企业每单报酬的敏感性。基于以上分析,众包物流企业 i 的利润函数可表示为 $\pi_i(\text{CBM}) = (p_i - w_i) \cdot \min\{D_i, S_i\}$ 。

考虑供需不平衡的两种情形:供过于求($D_i < S_i$)和供不应求($D_i \geq S_i$)。众包物流企业利润函数可进一步表示为

$$\pi_i(\text{CBM}) = \begin{cases} (p_i - rp_i)(a/2 - bp_i + \beta p_{-i}), & D_i < S_i; \\ (p_i - rp_i)(\theta p_i - \eta r p_{-i}), & D_i \geq S_i. \end{cases} \quad (6)$$

求解此分段函数,可得模型 CBM 的最优服务价格(见引理 3),进而得出最优众包配送员报酬、订单需求量、服务供应能力和企业利润。

引理 3 模型 CBM 中,最优服务价格为

$$p_i^*(\text{CBM}) = \begin{cases} \frac{a}{2[b - \beta + r(\theta - \eta)]}, & 0 < r \leq \frac{b}{\theta - \eta}; \\ \frac{a}{2(2b - \beta)}, & \frac{b}{\theta - \eta} < r < 1. \end{cases} \quad (7)$$

为了探究竞争的影响,将模型 BM 和 CBM 的结果进行对比分析,得到命题 5。

命题 5 假设 $r_6 = (b - 2\beta)/(2\eta - \theta)$, $r_7 = \beta/(\theta - \eta)$, $r_8 = [2\beta\theta - b(\eta + \theta)]/[(\theta - \eta)\theta]$, $r_9 = [\theta(4\beta - 3b)(\theta - \eta) + 2\sqrt{\theta(\theta - \eta)(b\eta - \beta\theta)^2}]/[\theta(3\theta - 4\eta)(\theta - \eta)]$, $r_{10} = [(2\beta - b) + \sqrt{b(4\beta - 3b)}]/[2(\theta - \eta)]$, $g_1 = \theta/(\theta - \eta)$, $g_2 = (2\theta)/(\eta + \theta)$, $g_3 = [\theta\sqrt{\theta(\theta - \eta)} + \theta(2\theta - \eta)]/(\eta^2 - 3\eta\theta + 3\theta^2)$, $g_4 = [4\theta + 2\sqrt{\theta(\theta - \eta)}]/(\eta + 3\theta)$ 。①当 $1 < b/\beta < g_1$ 且 $0 < r < r_7$ 或 $g_1 < b/\beta < 2$ 且 $0 < r < r_6$ 时,众包物流企业的最优服务价格在模型 CBM 中较模型 BM 中更高,即 $p^*(\text{BM}) < p_1^*(\text{CBM})$;否则, $p^*(\text{BM}) > p_1^*(\text{CBM})$ 。②当 $1 < b/\beta < g_2$ 且 $0 < r < r_8$ 时,众

包物流企业的最优订单需求量(最优服务供应能力)在模型 CBM 中较模型 BM 中更大,即 $D^*(BM) < D_1^*(CBM)$ ($S^*(BM) < S_1^*(CBM)$); 否则, $D^*(BM) > D_1^*(CBM)$ ($S^*(BM) > S_1^*(CBM)$)。③当 $1 < b/\beta < g_3$ 且 $0 < r < r_{10}$ 或 $g_3 < b/\beta < g_4$ 且 $0 < r < r_9$ 时,企业利润在模型 CBM 中较模型 BM 中更高,即 $\pi^*(BM) < \pi_1^*(CBM)$; 否则, $\pi^*(BM) > \pi_1^*(CBM)$ 。

在竞争环境下,企业为争夺更大的市场份额,一般会适当降低服务价格,本研究也证实了这一策略,在大多情况下均是模型 BM 中的服务价格高于模型 CBM 中的服务价格。然而,本研究也发现了一种有趣的结果,在一些特殊条件(订单需求对自身和竞争对手服务价格均敏感且报酬率较小)下,众包物流企业在竞争环境下反而会提高服务价格。这是因为订单需求对自身和竞争对手的服务价格均敏感时,存在竞争的两家众包物流企业的服务价格同向变化对各自订单需求量的影响不大,众包物流企业就有动机去提高服务价格以增加收入,再加上较小的报酬率,即使适当提高服务价格也不会产生过大的每单报酬成本。所以,竞争环境下的众包物流企业会在此特殊条件下提高服务价格以增加企业利润,自然也可得出,此时竞争环境下的最优服务供应能力大于无竞争时的最优服务供应能力。

直观上,在对称模型设定下,众包物流企业从独占市场到出现竞争对手企业,订单需求量应该减少,但本研究发现,当订单需求对自身和竞争对手服务价格均敏感且报酬率较小时,竞争环境下的最优订单需求量反而更大。原因是,当订单需求对自身和竞争对手服务价格均敏感时,订单需求函数($D_i(CBM) = a/2 - (b - \beta)p_i$)的服务价格敏感系数将非常小。所以,即使此时最优服务价格在竞争环境下更高,也最终使得竞争环境下最优订单需求量大于无竞争时的订单需求量。

由以上分析可知,当订单需求对自身和竞争对手服务价格均敏感且报酬率较小时,肯定有竞争环境下的实际订单满足量更大,加上此时的服务价格也更高,自然可以得出,竞争环境下的企业利润高于无竞争时的企业利润。

由命题 5 还可发现,只有当报酬率较小时,众包物流企业才有可能在竞争环境下获得比无竞争时更高的利润,只要报酬率大于某个阈值,竞争就会对企业不利。

6 结语

众包配送员不像专业配送员那样受到企业严格约束和管控且自主决定接单与否,从而可能导致物流服务供需不平衡和服务质量问题。虽然国内外学者分别对考虑服务供应能力的众包物流服务定价策略,和考虑服务质量的众包物流服务定价策略进行了研究,但鲜少有文献像本研究这样,在分析众包物流服务定价策略的同时考虑服务供应能力和服务质量的影响,这在一定程度上丰富了众包物流服务定价策略的相关研究。具体而言,本研究分别构建基于服务供应能力以及基于服务供应能力和服务质量的众包物流服务定价模型,探究众包物流企业最优服务价格和服务质量决策,分析引入服务质量对企业定价决策与利润的影响。进一步地,探究众包配送员报酬率对最优决策和企业利润的影响机制。考虑到现实中市场竞争普遍存在,最后还探讨了竞争环境下考虑服务供应能力的众包物流服务定价策略。

本研究主要结论和管理启示总结如下:①相比仅考虑服务供应能力的定价模型,众包物流企业在考虑服务供应能力和服务质量的定价模型中的服务价格更高。②当且仅当报酬率较大时,考虑服务供应能力和服务质量定价模型中的订单需求量,比仅考虑服务供应能力定价模型中的大,说明提高报酬率可以扩大服务质量对需求市场的影响程度。③考虑服务供应能力和服务质量定价模型中的企业利润,始终大于仅考虑服务供应能力定价模型中的利润,说明众包物流企业增加投入对众包配送员进行监管与约束是有益的。所以,众包物流企业为了提高自身利润,应该在定价决策的同时优化其服务质量。④总体上看,针对考虑服务供应能力和服务质量的定价模型,随着报酬率提高,服务价格和服务质量会出现 3 种变化趋势组合,而服务质量和众包物流企业利润都随着报酬率提高先增加再减少,即二者随报酬率的提高呈现相同的变化趋势,但其具体变化特点不完全一致。可见,众包物流企业应根据不同的众包配送员服务质量敏感系数和服务质量成本系数相应调整报酬率,以达到改善服务质量和提升企业利润的双赢目的。⑤存在竞争时,通过降低服务价格以争夺市场份额来获利不失为一种策略,但在考虑服务供应能力的众包物流服务定价问题中,当订单需求对自身和竞争对手服务价格均敏感且报酬率较小时,众包物

流企业通过提高服务价格依然可以获得更大的利润。

应该指出的是,本研究模型拓展中虽然考虑了竞争对众包物流企业定价策略的影响,但仅限于考虑服务供应能力的众包物流服务定价问题,未涉及到考虑服务供应能力和服务质量的众包物流服务定价问题。因此,下一步可探究竞争环境下众包物流企业服务质量和价格的联合决策。此外,基于互联网的物流订单需求具有随机性,后续研究可探讨考虑服务供应能力和服务质量的众包物流服务动态定价策略。

参 考 文 献

- [1] 赵泉午, 赵军平, 林娅. 基于 O2O 的大型零售企业城市配送网络优化研究[J]. 中国管理科学, 2017, 25(9): 159-167.
- [2] 王文杰, 孙中苗, 徐琪. 考虑社会配送供应能力的众包物流服务动态定价模型[J]. 管理学报, 2018, 15(2): 293-300, 316.
- [3] 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 & Transportation Review, 2017, 101: 1-12.
- [4] YILDIZ B, SAVELSBERGH M. Service and capacity planning in crowd-sourced delivery[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2019, 100: 177-199.
- [5] HE B, MIRCHANDANI P, WANG Y. Removing barriers for grocery stores: O2O platform and self-scheduling delivery capacity[J]. Transportation Research Part E: Logistics & Transportation Review, 2020, 141: 102036.
- [6] WANG W, XIE L. Optimal pricing of crowdsourcing logistics services with social delivery capacity[J]. Journal of Combinatorial Optimization, 2022, 43: 1447-1469.
- [7] 孙中苗, 徐琪. 随机需求下考虑不同竞争情形的网约车平台动态定价[J]. 中国管理科学, 2021, 29(1): 138-148.
- [8] NAN R, QUN S. Research on crowdsourcing logistics platform pricing considering service level[C]// 2020 4th International Seminar on Education, Management and Social Sciences (ISEMSS 2020). Zhengzhou: Atlantis Press, 2020: 1247-1252.
- [9] CHEN C, YANG S, WANG Y, et al. CrowdExpress: a probabilistic framework for on-time crowdsourced package deliveries[J]. IEEE Transactions on Big Data, 2022, 8(3): 827-842.
- [10] 孟秀丽, 吴一凡, 刘波. 考虑罚金政策的众包物流服务质量网络均衡模型[J]. 运筹与管理, 2022, 31(2): 231-239.
- [11] 孟秀丽, 吴一凡, 刘波. 考虑延误险的多期众包物流服务质量优化[J/OL]. 中国管理科学: 2021:1-15 [2022-08-14]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.1807>.
- [12] CACHON G P, DANIELS K M, LOBEL R. The role of surge pricing on a service platform with self-scheduling capacity[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2017, 19(3): 368-384.
- [13] HU M, ZHOU Y. Price, wage and fixed commission in on-demand matching[M]. Rochester: Social Science Electronic Publishing, 2017.
- [14] 严建援, 胡海清. SaaS 交易权力对质量、价格和利润的影响[J]. 管理科学学报, 2014, 17(12): 38-51.
- [15] 石国强, 王勇, 夏德建, 等. 考虑物流服务的情况下在线零售商运营模式选择研究[J]. 管理学报, 2021, 18(2): 270-278.
- [16] MOORTHY K S. Product and price competition in a duopoly[J]. Marketing Science, 1998, 7(2): 141-168.
- [17] HA A, LONG X, NASIRY J. Quality in supply chain encroachment[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2016, 18(2): 280-298.
- [18] 方德斌, 盛嘉良. 考虑销售服务和服务成本差异的制造商线上销售模式选择研究[J]. 管理学报, 2023, 20(4): 568-577.
- [19] 孟秀丽, 杨静, 刘波. 基于大数据技术的众包物流服务质量竞争策略[J/OL]. 中国管理科学: 2021:1-13 [2022-08-14]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.0350>.
- [20] QIN X, LIU Z, TIAN L. The strategic analysis of logistics service sharing in an e-commerce platform[J]. Omega, 2020, 92: 102153.

(编辑 桂林)

通讯作者: 李锋(1985~),男,安徽阜阳人。华中科技大学(武汉市 430074)管理学院副教授、博士研究生导师。研究方向为物流优化、生产与运输协同调度、组合优化等。E-mail: li_feng@hust.edu.cn