

Research on Crowdsourcing Logistics Platform Pricing Considering Service Level

Ren Nan¹, Sun Qun^{2, a*}

^{1,2} School of Economics and Management, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China

^{a*} 549704371@qq.com

ABSTRACT

Based on the externality of the network, this paper studies the problem of maximizing the revenue of crowdsourcing logistics platforms considering users' preference for service level, and constructs a dynamic pricing mathematical model of crowdsourcing logistics service products during a fixed sales period. The impact of service level, network externalities, and return rate on the sales volume, optimal price, and total profit of crowdsourcing logistics services is analyzed. The research results show that: (1) For high-level crowdsourcing logistics services, the platform should increase prices to increase sales and revenue; (2) In the initial stage of sales, the platform can enhance network externalities by reducing prices, and then slowly increase price increases Income; (3) an increase in the rate of return will cause an increase in the marginal cost. In order to ensure a positive increase in the rate of return, the rate of return needs to be controlled within a certain reasonable range.

Keywords: crowdsourcing logistics, service level, network externality, rate of return, pricing

考虑服务水平的众包物流定价研究

任南¹, 孙群^{2, a*}

^{1,2} 江苏科技大学经济管理学院, 江苏镇江

^{a*} 549704371@qq.com

摘要: 本文基于网络外部性, 研究了考虑用户对服务水平偏好下的众包物流平台收益最大化问题, 构建了众包物流服务产品在固定的销售期间的动态定价数学模型。分析了服务水平、网络外部性、报酬率对众包物流服务销售量、最优价格以及总利润的影响。研究表明: (1) 高水平的众包物流服务, 平台应该提高价格增加销量和收益; (2) 平台在销售的初始阶段可以通过降价的形式增强网络外部性, 再通过缓慢的提高价格增加收益; (3) 报酬率的增加会导致边际成本的增加, 为了保证收益为正增长, 报酬率需要控制在一定的合理范围内。

关键词: 众包物流、服务水平、网络外部性、报酬率、定价

1. 引言

我国物流业处于蓬勃发展的阶段, 然而赵泉午等研究发现城市物流配送成本中“最后一公里”末端配送成本的比例超过 60%^[1], 因而物流企业为了提高配送速度和质量, 降低配送成本, “互联网+众包物流”的运营模式应运而生。但随着人们的生活水平的日益提高, 用户不仅关注服务产品的价格, 还关注商家的服务水平带来的主观感受。学者胡一竑研究发现考虑顾客对服务的连续偏好, 有利于企业市场份额的增加, 提高企业的利润^[2]; Ehram 等提出了具有不同服务质量水平的 web 服务

定价策略, 以最大限度的提高了 web 服务供应商的利润^[3]; 李新然等研究发现, 零售商在再造品销售过程中提升服务水平不仅可以提高再造品的市场占比, 还可以增加产品的总销售量^[4]。鉴于服务水平在企业运营管理中的重要性, 众包物流平台在进行服务定价策略时往往需要考虑服务水平的影响。

目前众包物流成为学者新的研究热点, 他们主要集中在众包物流模式^[5-7]、配送优化^[8-10]和众包参与者行为^[11-13]的研究, 其中也有不少学者研究众包物流定价的研究。如: 姜良松等基于双边市场理论, 探索了在竞争环境下考虑用户归属行为、及用户的自网络外部性、交叉网络外部性、平台的匹配技术对众包物流服务最优定价的影响^[14]; 王文杰等研究在随机需求下, 基于社会配

送供应能力和订单损失成本的众包物流定价策略^[15]; 张京敏等重点考虑服务水平对众包定价策略的影响^[16]; Lin 等建立了最高效率和最低成本的众包物流任务匹配模型, 并在基础上进行了差异化定价^[17]。

通过上述文献的研究, 学者们探究了多种因素对众包物流定价的影响, 但关于服务水平的众包物流定价考虑的影响因素较为单一, 而众包物流平台是典型的双边平台, 通过互联网将专职配送人员所做的工作外包给非特定群体。因此, 除服务水平外, 众包物流定价还需要考虑网络外部性。众包物流的网络外部性是指用户选择众包物流服务时会考虑平台已成功交易的数量, 因为平台的销量越大, 说明平台拥有良好的信誉, 服务质量更值得大众信赖。网络外部性理论起源于 Katz^[18]等, 他们认为有许多产品, 用户从商品消费中获得的效用随着其他消费者所购买的数量而增加; 在此基础上, Chen 等探讨环境物流所涉及的负外部性成本内部化后的利益分配问题^[19]; Ranieri 等研究考虑降低外部性成本的最后一公里物流创新^[20]; Qasim 等研究表明, 网络外部性是影响消费移动支付的主要因素^[21]。

基于上述文献的梳理, 发现已有研究在考虑众包物流定价时, 更多的是侧重服务水平或网络外部性, 尚未把两者结合进行考虑。因此本文建立了在非竞争环境下的固定销售周期考虑服务水平和网络外部性的众包物流服务的最优动态定价的数学模型, 研究了连续销售时间内的众包物流服务的定价策略, 探究如下问题: (1) 基于用户偏好, 研究在连续销售时间内众包物流平台的定价策略; (2) 研究服务水平、网络外部性和报酬率对价格和销量的影响; (3) 研究在服务水平、网络外部性和报酬率等作用下, 如何改变参数提高众包物流平台的利润。

2. 模型建立

2.1. 众包物流体系结构

众包物流平台是典型的双边平台, 一边是用户, 一边是自由快递员。用户加入某个平台进行众包物流服务交易行为并不是固定的, 首先用户会通过互联网查看平台的已经成功交易的销量, 从而决定是否信赖某个平台进行交易。其次, 用户会考虑众包物流平台的服务水平是否能够满足用户的需求。基于此, 用户根据网络外部性确定某一众包物流平台进行交易, 再考虑用户对服务水平的偏好。众包物流交易流程如图 1 所示。(1) 用户和自由快递员在平台进行注册。(2) 用户进入平台发布相应的需求并支付费用。(3) 平台根据用户的需求, 将用户与自由快递员相匹配。(4) 用户与自由快递员进行线下配送。(5) 自由快递员完成配送服务时, 平台根据用户支付费用的一定比例以报酬的形式支付给自由快递员。

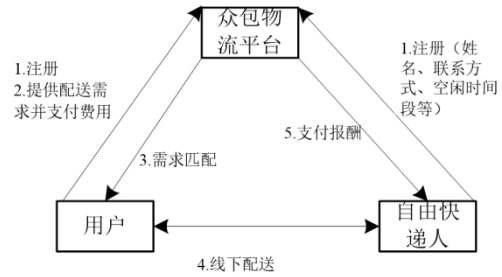


图 1 众包物流平台交易流程

2.2. 模型假设及分析

本文研究在垄断环境下, 众包物流服务在固定销售周期 $[0, T]$ 的动态定价问题和平台通过定价做出运营决策使得利润最大化。做出如下假设:

假设 1: 在众包物流体系结构中, 通过 α 来表示用户对服务水平 x 的偏好程度, β 表示网络外部性即平台交易成功的数量 s 来表示网络外部性效应的强度且 $\beta \in [0, 1]$ 。现实生活中, 用户在众包物流服务交易过程中所获得的效用值大于等于零时, 才会进行购买。于是, 用户效用函数表示为:

$$U(x) = \alpha x + \beta s - p \quad (1)$$

假设 2: 为了较为准确的表示用户对服务水平的异质性偏好, 假设用户偏好程度 α 分布在 $[0, 1]$ 之间, α 越大用户对服务水平偏好的程度就越大。由假设 1 可知 $U(x) > 0$ 时, 用户才愿意进行购买众包物流服务, 即 $\alpha > \frac{p - \beta s}{x}$ 。

假设 3: 在单位时间内, 网络外部效应可以通过销量的增长速度来体现, 其中销量的增长速度与购买率 $\xi \in (0, 1]$ 呈线性相关, 于是根据文献^[22], 在时间差 Δt 时, 在线进行众包物流服务交易的销量为 $\xi \Delta t \left[1 - \frac{p - \beta s}{x} - s \right]$ 。因此在 $t + \Delta t$ 时刻的销量如下表示:

$$s(t + \Delta t) = s(t) + \xi \Delta t \left[1 - \frac{p(t) - \beta s(t)}{x} - s(t) \right] \quad (2)$$

也可以表示为

$$\frac{s(t + \Delta t) - s(t)}{\Delta t} = \xi \left[1 - \frac{p(t) - \beta s(t)}{x} - s(t) \right] \quad (3)$$

用户在线购买众包物流服务, 平台可以根据时间合适地调节服务产品的价格, 当 Δt 无限趋向于 0 时, 上述式子

(2) 可以转化 $s(t)$ 的微分形式, 即销量的增长过程:

$$\dot{s} = \xi \left[1 - \frac{1}{x} p + \left(\frac{\beta}{x} - 1 \right) s \right] \quad (4)$$

假设 4: 成本 c 分为固定成本 c_0 和变动成本即支付自由快递人的报酬, 假设用户更偏向高水平的众包物流服务, 于是服务水平越高, 用户支付给平台的报酬率 k 就越高, 且 $k \in (0, 1]$, 平台给予自由快递人的费用就越高。于是, 众包物流服务的成本函数表示如下:

$$c = kp(t) + c_0 \quad (5)$$

(5) 根据利润函数 $J = [p(t) - c] \dot{s}(t)$, 在垄断环境下的连续时间内, 众包物流服务收益目标函数

$$\text{Max} J = \int_0^T [p(t) - c_0 - kp(t)] \dot{s}(t) dt \quad (6)$$

约束条件:

$$\begin{cases} \dot{s}(t) = \xi \left[1 - \frac{1}{x} p(t) + \left(\frac{\beta}{x} - 1 \right) s(t) \right] \\ s(0) = s_0 \end{cases} \quad (7)$$

其中 s_0 为初始销量，模型中 α, β, ξ, s_0 对销量 $s(t)$ 有正向影响，成本 c 对销量 $s(t)$ 有负向影响。

模型参数如表 1 所示：

表 1 模型参数

参数	参数含义
α	用户的偏好程度
x	服务水平
β	网络外部性强度
s	众包物流平台成功交易的数量
s_0	初始销量
p	众包物流服务的价格
ξ	用户的购买率
c	平台的成本
c_0	固定成本
k	报酬率
$s(t)$	销量函数
$\dot{s}(t)$	销量的增长函数
J	众包物流平台的利润函数

3. 数值分析

由于计算过程过于复杂，不能够直观的展示服务水平、网络外部性和报酬率对在线众包物流服务的销量、最优定价和总利润的影响，因此本节将公式 (6,7) 输入 MATLAB 中进行数值仿真。其中，服务水平需要满足 $x \in (0,3]$ ，网络外部性 $\beta \in [0,1]$ ，报酬率 $k \in (0,1]$ ，时间参数 $T=30$ ，购买率 $\xi=0.3$ ，为了模型计算的便利性，设定众包物流平台的初始销量 $s_0=0.0001$ ，在适当的范围内改变服务水平、网络外部性和报酬率的系数，获得相应参数的数值曲线，从而充分地反映了参数变化对计算结果的影响。

3.1. 参数对众包物流服务的销量和最优价格的影响

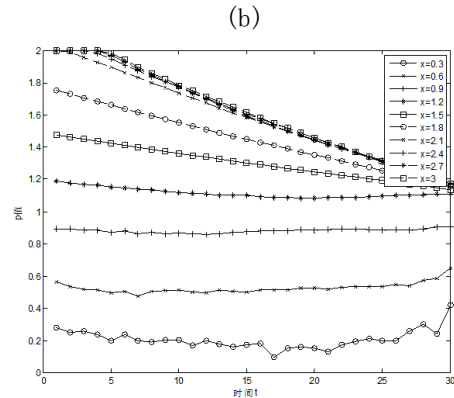
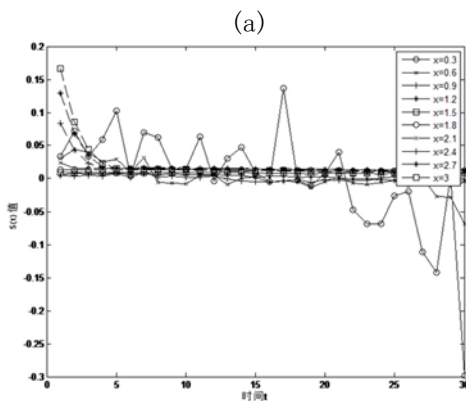


图 2 服务水平 x 对众包物流服务的销量和最优价格的影响

图 2 表示服务水平 x 对众包物流服务的销量和最优价格的影响。如图所示，服务水平对销量具有影响，其中当 $x=0.3$ ，销量的波动偏大，由正增长变为负增长；当服务水平 $x > 0.9$ 时，服务水平越大，销量趋于稳定。服务水平越高，众包物流服务的价格越高。显然，因为用户效用与服务水平呈正相关，用户更倾向于高水平的服务。因此在报酬率和网络外部性不变的情况下，平台提高众包物流服务的价格不会造成数量的减少，因此平台可以通过提高价格来增长平台的收益。当用户对众包物流服务水平偏好程度偏低时，在销售的初始阶段，平台可以通过降价来吸引更多的用户，从而增加销量。

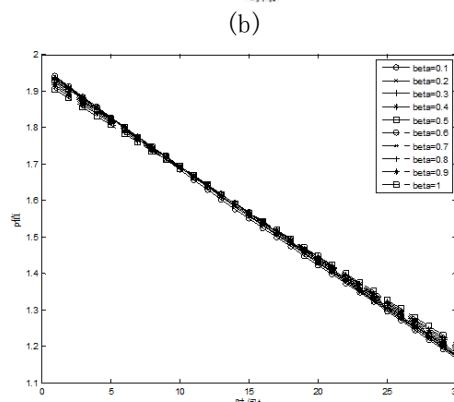
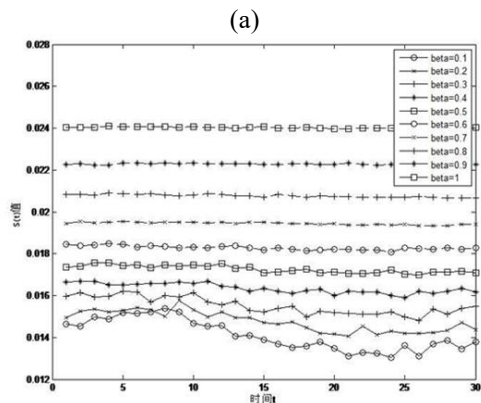


图 3 网络外部性系数 β 对众包物流服务的销量和最优价格的影响

图3表示网络外部性系数 β 对众包物流服务的销量和最优价格的影响。观察图3(a)可知,网络外部系数与销量呈正相关,网络外部性强度越大,销量的增长就越大,即平台已经成功交易的数量越大,且销量增长较为稳定。这是因为,在服务水平和报酬率不变的情况下,当网络外部效应不断,众包物流平台吸引更多的用户,用户更加愿意在该平台进行消费,且最终稳定在一定的范围内。图3(b)可知,在仅考虑网络外部性强度时,众包物流服务的价格在整个销售的初始阶段偏高,但随着时间的变化,价格有所降低,且不同的网络外部性之间定价的差值较小。因此,众包物流平台在销售的起始阶段可以通过降价的形式增加成功交易的销量,进而增强网络外部性,众包物流平台形成一定的网络外部性强度时,通过缓慢的提高价格来增加平台的总收益。

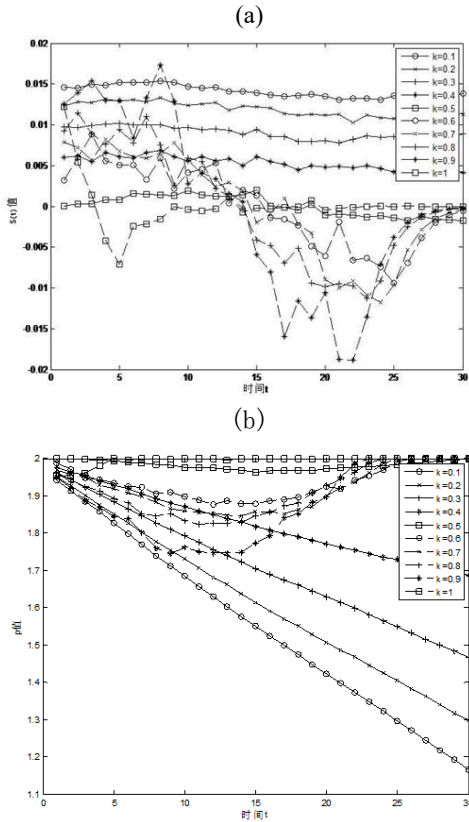


图4 报酬率k对众包物流服务的销量和最优价格的影响

图4表示报酬率k对众包物流服务的销量和最优价格的影响。如图4(a)可知,当报酬率 $k > 0.4$ 时,自由快递人的报酬率越高,其销量处于不稳定状态,甚至出现负值。报酬率 $k < 0.4$ 时,报酬率与销量呈正相关,即报酬率越低,销量越高。如图(b)可知,报酬率越高,定价越高。这是因为报酬率越高,平台需要支付更多的费用给自由快递人,导致单位时间内新增的众包物流服务使平台运营服务总成本的增加,为了保证平台收益处于正值,众包物流平台需要向用户收取更高的价格,从而导致用户会越来越。在服务水平和网络外部效应的条件在不变的情况下,当 $k \leq 0.4$ 时,报酬率越低,销量

越高,其最优价格越低。因此可得众包物流平台支付给自由快递人的报酬率的合理范围应该为 $k \in (0, 0.4)$,从而保证平台的收益为正。

3.2. 参数对总利润的影响

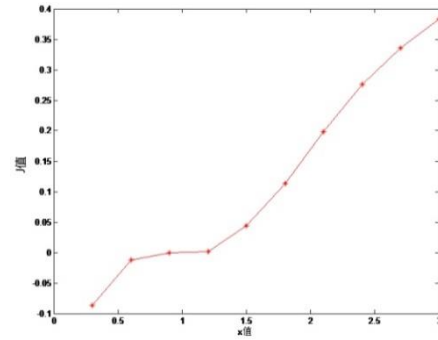


图5 服务水平对总利润的影响

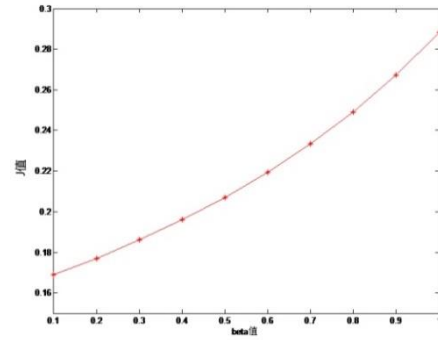


图6 网络外部性对总利润的影响

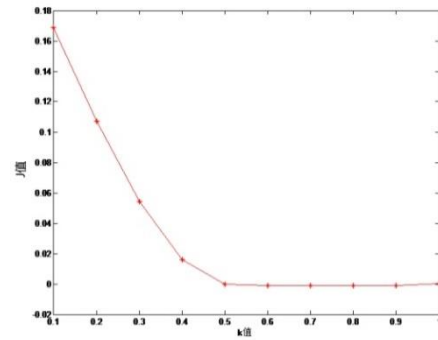


图7 报酬率对总利润的影响

图5表示服务水平x对总利润的影响,由图可知,众包物流服务平台在连续销售时间内随着服务水平的提高总利润越大。因此,在同等影响因素作用下,用户更愿意购买高服务水平的众包物流服务,从而获得更优质的服务体验,即用户效用与服务水平呈正相关。当平台提供高服务水平的众包物流配送时,一方面会使更多

潜在用户在平台进行交易,另一方面可以通过提高众包物流服务水平的价格来增加平台的总利润。因此,众包物流平台可以通过员工培训增加员工的服务意识和服务能力等措施来增加总利润。

图6表示网络外部性 β 对总利润的影响,由图可知,网络外部性强度越大,众包物流平台在连续销售时间内的总利润越大。这是因为网络外部性越高,销量越高,而不同网络外部性之间的最优价格差异较小,于是众包物流平台在同等影响因素作用下,获得的总利润越大。因此当众包物流服务平台具有较强的网络外部性时,平台可以根据销售的不同阶段和销量,适当地调整众包物流服务的价格,发挥网络外部性的优势。

图7表示报酬率 k 对总利润的影响因素,由图可知,众包物流平台支付给自由快递人的报酬率越高,在连续销售时间内的总利润越低,即报酬率与总利润呈负相关。因为,在同等影响因素作用下,报酬率越高,平台会产生更高的边际成本,为了使平台获益,需要提高众包物流服务的价格,导致用户的购买意愿降低,销量减少。因此,平台需要实时地降低自由快递人的报酬率,制定合理的绩效方案,从而降低众包物流平台的服务成本。

4. 结论

随着共享经济的不断发展,众包物流给人们的生活带来了更多的便利。由于众包物流的配送员是由非正式的自由快递人,没有受到专业的培训,服务水平偏低,容易发生丢件、损件。因此本文基于遗传算法,建立垄断环境下考虑平台网络外部性和用户对服务水平异质性偏好的众包物流服务需求、定价和利润的多目标数学模型。结果表明:(1)平台应该更多地推广低成本高水平的配送服务,以期获得更高的收益,同时通过培养自由快递人的职业化素养、提供差异化服务等措施形成平台独特的服务优势。(2)平台可以销售的初始阶段通过低价优惠的方式,吸引用户在平台进行交易,进而增加网络外部性强度。(3)自由快递人的报酬率会对众包物流服务的价格产生影响,报酬率与平台总利润呈负相关性,平台的报酬率存在一个合理范围。本文的研究对众包物流平台及其他服务产品的企业制定最优定价策略提供了参考依据。在未来研究中,可以将工作的重心放在考虑其他因素对众包物流服务定价的影响,或者研究在竞争环境下考虑用户偏好的众包物流服务定价。

项目基金

本文为江苏高校哲学社会科学重点研究基地开放基金项目(2019JG049WJ)《中国制造业技术进步对异质劳动力就业的影响》阶段性成果之一。

REFERENCES

- [1] Zhao Q W,Zhao J P,Lin Y.A city logistics network optimization model for large chain retailers under online-offline channel Integration [J]. Chinese Management Science,2017,25(09):159-167.
- [2] Hu Y H,Market share in competitive services based on customer's continuous preference[J]. Systems Engineering,2015,33(12):92-95.
- [3] Safari E , Babakhani M , Sadjadi S J , et al. Determining strategy of pricing for a web service with different QoS levels and reservation level constraint[J]. Applied Mathematical Modelling, 2014.
- [4] Li X R,Wang Q.An optimal decision research on closed-loop supply chain considering retailer's service and fairness concern [J]. Management Review,2019,31(04):228-239.
- [5] Mehmam J, Frehe V, Teuteberg F. Crowd logistics – A literature review and maturity model[C]// Hamburg International Conference of Logistics. 2015.
- [6] Rai H B, Verlinde S, Merckx J, et al. Crowd logistics: an opportunity for more sustainable urban freight transport?[J]. European Transport Research Review, 2017, 9(3):39.
- [7] Castillo, Vincent E., et al. Crowdsourcing last mile delivery: strategic implications and future research directions. Journal of Business Logistics 39.1 (2018): 7-25.
- [8] Mladenow A, Bauer C, Strauss C. "Crowd logistics": the contribution of social crowds in logistics activities[J]. International Journal of Web Information Systems, 2016, 12(3):379-396.
- [9] Guo J,Wang J W, Research on the effect factors of participation behavior to the crowdsourcing logistics based on the UTAUT [J]. Operation Research and Management,2017,26(11):1-6.
- [10] Li Y,Wu B,Wang C, Evolution game analysis of decisions of the crowdsourcing logistics shippers based on Prospect theory—From the view of consumers [J]. Operation Research and Management,2019,28(06):129-135.
- [11] Lee S, Kang Y, Prabhu V V. Smart logistics: distributed control of green crowdsourced parcel services[J]. International Journal of Production Research, 2016, 54(23):6956-6968.
- [12] Mu J,Du T Y,Liu S, et al.Research on Crowdsourcing Logistics Capacity Scheduling Based on Instant Distribution and Revenue Incentives [J]. Operation Research and Management,2018,27(05):58-65.

- [13] Meng X L, Wu A J, Yang J. Decision optimization of crowdsourcing logistic service network [J]. *Systems Engineering*, 2020, 38(01): 75-84.
- [14] Jiang L S, Wu B. Research on Optimal Pricing Strategy of Crowdsourcing Logistics Platform in competitive Environment [J]. *Pricing Theory and Practicing*, 2019(06): 152-155.
- [15] Wang W J, Sun Z M, Xu Qi. Dynamic pricing for crowdsourcing logistics services with socialized providers [J]. *Journal of Management*, 2018, 15(02): 293-300+316.
- [16] Zhang J M, Huang Y. Crowdsourcing logistics pricing strategy considering service level [J]. *Pricing Monthly*, 2019(09): 20-25.
- [17] Lin X, Chen Y H, Zhen L, et al. A Crowdsourcing Matching and Pricing Strategy in Urban Distribution System [C]// *International Conference on Intelligent Interactive Multimedia Systems & Services*. Springer, Cham, 2018.
- [18] Katz, Michael L., and Carl Shapiro. "Network externalities, competition, and compatibility." *American economic review* 75.3 (1985): 424-440.
- [19] Chen, Si-hua. "The game analysis of negative externality of environmental logistics and governmental regulation." *International Journal of Environment and Pollution* 51.3-4 (2013): 143-155.
- [20] Ranieri, Luigi, et al. "A review of last mile logistics innovations in an externalities cost reduction vision." *Sustainability* 10.3 (2018): 782.
- [21] Qasim, Huda, and Emad Abu-Shanab. "Drivers of mobile payment acceptance: The impact of network externalities." *Information Systems Frontiers* 18.5 (2016): 1021-1034.
- [22] Wang T Y, Nan G F, Chen L. Dynamic pricing of online games considering consumer preferences [J]. *Journal of Systems Engineering*, 2019, 34(01): 1-11.