Management Science and Engineering 管理科学与工程, 2022, 11(4), 701-718
Published Online December 2022 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/mse
https://doi.org/10.12677/mse.2022.114083

Hans汉斯

消费金融下供应链运营策略研究

吴　媚，王志宏*

东华大学旭日工商管理学院，上海

收稿日期：2022年11月27日；录用日期：2022年12月17日；发布日期：2022年12月29日

摘　要

将消费金融与供应链金融相结合，基于消费者效用理论，构建电商平台作为主导者的三级供应链系统的博弈模型，分析了银行、供应商、电商三个主体的最优决策方案。研究发现：供应商有无资金约束时最主要的不同在于适用的利率不同，当银行利率等于无风险利率时，无论供应商是否存在资金约束，电商平台的最优决策是一定的。加入消费金融作为考量因素后，当分期付款违约率在一定范围内时，电商平台的利润空间增加，供应商的利润占比减小。数值分析结果显示最优零售价格敏感系数随着缺陷率的增加先大后小，最优批发价格敏感系数随着缺陷率的增大先小后大；顾客分期付款履约率与最佳零售价格反向变化；最优批发价格w关于R_d的敏感系数大于最优零售价格p关于R_d的敏感系数。

关键词

供应链融资，消费金融，电商平台，资金约束

Research on the Decision-Making of Supply Chain Entities Led by E-Commerce Platforms Considering Consumer Finance

Mei Wu, Zhihong Wang*

Glorious Sun School of Business Administration, Donghua University, Shanghai

Received: Nov. 27th, 2022; accepted: Dec. 17th, 2022; published: Dec. 29th, 2022

Abstract

Based on the theory of consumer utility, we combine consumer finance with supply chain finance and build a game model of three-tier supply chain system with e-commerce platform as the leader,

*通讯作者。

文章引用: 吴媚, 王志宏. 消费金融下供应链运营策略研究[J]. 管理科学与工程, 2022, 11(4): 701-718.
DOI: 10.12677/mse.2022.114083

analyzing the optimal decision-making scheme of banks, suppliers and e-commerce. The study found that the main difference between suppliers with or without funding constraints is that the supplier's profit structure is different and the applicable interest rates are different. When the bank interest rate is equal to the risk-free interest rate, regardless of whether the supplier has funding constraints, the retailer's optimal decision is certain. Through numerical analysis, it is found that the optimal retail price sensitivity coefficient first increases and then decreases with the increase of the defect rate, and the optimal wholesale price sensitivity coefficient first decreases and then increases with the increase of the defect rate; the customer installment performance rate is inverse to the best retail price. The sensitivity coefficient of the optimal wholesale price w with respect to R_d is greater than the sensitivity coefficient of the optimal retail price p with respect to R_d.

Keywords

Supply Chain Financing, Consumer Finance, E-Commerce Platform, Capital Constraints

1. 引言

随着互联网、大数据、云计算等信息技术的发展，越来越多的中小企业抢抓数字化升级机遇，通过电商平台销售产品，扩大销售渠道。我国电子商务市场的交易额从 2010 年 4.5 万亿增加到 2020 年的 37.21 万亿元，其中市场上的中小型企业占比达到 87.76% (数据来源：《中国电子商务报告 2020》)。同时，在电商平台主导的供应链中，借助电商平台的良好信用状况，基于电商平台和上游供应商的真实交易，银行等金融机构也乐意为资金短缺的供应商提供资金[1]。电商巨头纷纷拓展这方面的业务，如阿里巴巴与银行合作为平台商家提供融资，年化收益率可达 20%~30%。

越来越多的消费者通过电商平台购物，但消费者在购买过程中存在资金约束问题，电商平台积极推动消费金融创新解决这部分问题。消费金融目前实现了以互联网为主要载体，以分期付款、第三方支付、网络小贷为主要形式的创新，比较典型的有京东白条、蚂蚁花呗等，通过增加分期付款的方式扩大消费者需求[2]。消费金融发展迅速，支付宝发布的《年轻人消费生活报告》显示，有 40%的 90 后开通花呗并利用消费信贷提前消费，总体信贷产品的渗透率已经达到了 86.6%，消费金融成为一种趋势。随着 B2C 线上电商网络零售比重进一步扩大，消费金融的重要性日益凸显，分期付款方式逐步被大众接受。以消费为前提的互联网金融作为消费的助推器，增加市场需求[3]，需求的扩大会导致供应链上游各主体的收益函数发生变化，从而影响主体的最优决策。因此，有必要将消费金融和供应链金融结合起来考虑，研究加入消费金融后供应链系统的最优策略变化。

为此本文将消费金融与供应链金融相结合，基于消费者效用理论，构建电商平台作为主导者的三级供应链系统的博弈模型，为消费金融和供应链相结合的融资模式的研究提供参考和理论支持。

2. 文献综述

国内外有关供应链融资的文献较多，主要包含内部融资和外部融资，其中外部融资[4] [5] [6]是外部融资是从银行等商业机构进行融资，除参与交易的供应链外，参与融资的是银行，如银行融资、电商平台保

融资、混合融资等。Guoming Lai 等[7]研究发现当存在资金约束时，供应商处于主导地位的情形下，混合融资模式更能实现供应链总体效率的提升；Oussama Kajjoune 等[8]运用开发动态编程方法，探讨了短期融资和外部存款的动态规模化问题，提出了解决该问题的两种方法；Minjia Chen 和 Roman Matousek [9]利用 2003~2016 年间的 1591 家中国上市制造企业数据进行分析，发现优质公司通过提高生产率获得外部股权融资效果较强，对于总杠杆率和长期负债的效果较弱。Sigitas Karpavičius 和 Fan Yu [10]运用实证分析，发现公司经理并不厌恶高风险，进一步解释了外部增长机会对公司融资政策的影响，为公司财务刚刚和增长机会之间的负相关性提供了替代性解释。Zhong-Zhong Jiang 等[11]建立了博弈模型，分析了存在资金约束的制造商的不同类型的融资决策，以及制造商处于领导者和追随者地位的供应链最优决策。

在供应链外部融资决策研究领域，对于需求的刻画有基于报童模型刻画的随机市场需求，以及基于消费者行为描述确定性需求情况下的供应链模型[12] [13] [14]。前者大部分研究建立在 Martin A. Lariviere 和 Evan L. Porteus [15]的理论研究基础上，也是目前供应链融资方面较为成熟的领域。后者对于消费者行为的刻画大多基于效用函数，如 Debabrata Ghosh 和 Janat Shah [16]通过对消费者绿色敏感度的刻画建立供应链需求函数，研究两种成本分担模式下的参与者的最优决策以及绿化成本和消费者对绿色产品敏感度的影响。Nan Xia 和 S. Rajagopalan [17]通过对消费者不同偏好的描述，研究竞争环境中公司的定价决策；王建华等[18]从社会责任偏好的角度出发构建消费者效用函数，运用 Stackelberg 博弈模型分析供应链各主体的最优策略；于晓辉等[19]考虑公平关切行为下的消费者偏好建立不同情形下的需求函数，基于竞合博弈构建了以制造商为主导的双渠道模型；Akçay Y 等[20]根据易逝品的特征以及消费者选择行为构建产品替代情形下的主体最优定价决策模型，对比了不同质量等级下的产品联合定价策略；纪雅杰等[21]在供应链管理库存背景下，通过对消费者线上需求和线下需求的描述，考虑渠道偏好的影响，提供了独立运营、契约分担合作运营、协同运营三种模式下的成员最优决策方案。

有关消费金融与供应链金融相结合的研究少有涉及，且目前研究大多着眼于供应链契约下的消费信贷研究，探究需求不确定情形下的供应链融资。如汤婷等考虑了由制造商和电商平台组成的二层供应链中，制造商采用直销和分销双渠道销售，研究了电商和制造商的最优决策[22]；经有国等[23]基于卖方存在消费信贷情形下零售商和金融机构进行成本共担，探究供应链的协调机制；陈中洁和于辉[24]研究“京东白条”这种模式下的供应链模式，建立了需求不确定情形下的产能过剩的模型；王迪和周永生[25]基于扩展的报童模型建立了基于收益共享契约下的供应链协调模型。与前人研究不同，本文关于消费金融和供应链金融的研究是基于电商平台这个特定的主体，结合消费金融特点构建的需求确定情形下的供应链模型。

综上所述，目前供应链融资问题对供应链的影响仍旧是众多学者非常关注的问题，但是将电商平台作为融资主体，特别是加入消费者行为研究的供应链融资模式研究较少，并且这部分研究中大多数的融资主体不特定，侧重于供应链融资方式的选择，对消费者行为的刻画没有针对性，鲜有研究考虑到将消费金融——消费者付款行为融入到供应链融资决策中，分析其对供应链各主体策略的影响。故本文在前人研究的基础上，以电商平台为主导企业，结合现实生活中电商平台的特性构建模型，探讨供应商存在资金约束和无资金约束两种情形下的供应链最优策略，为电商平台、供应商、银行提供管理启示。

3. 基本描述和假设

本文研究的供应链中存在四个主体，分别为供应商、银行、处于主导地位的电商平台以及终端消费者。

1) 电商平台从供应商处采购产品，销售给下游消费者。银行基于该真实贸易，为供应商提供贷款[25]。供应商开展生产，把产品交付给电商平台，如果产品有缺陷，供应商收到货款为 0，零售商承担退货成本 c_t，如果产品不存在缺陷，供应商收到全部货款。

2) 电商平台作为主导方决定批发价格、零售价格和订购数量；银行作为次主导方决策利率，但同时

受到完全竞争市场的约束；消费者根据是否接受电商平台提供的消费金融，分为一次性付款行为和分期付款行为，在分期付款行为中，消费者有 α 的概率违约。假设消费者分期付款只存在全部还清和全部不还款两种情形，不考虑部分还款情形。

3) 银行直接融资模式下的供应链博弈顺序如图 1 所示：

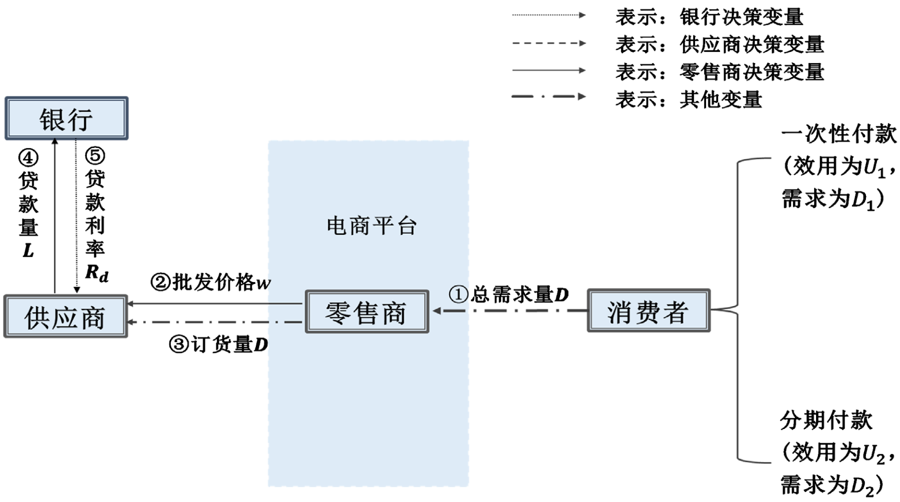

Figure 1. Game timing
图 1. 博弈时序

本文的相关参数、符号、决策变量如表 1 所示：

Table 1. Symbol description in the model
表 1. 模型中的符号说明

符号	含义
w	电商平台的批发价格
p	电商平台的零售价格
c	供应商的生产成本
λ	消费者的价格敏感系数
v	消费者购买产品愿意支付的产品价值
β	分期服务费的价格系数
ϑ	分期付款模式导致的效用折扣
R_f	无风险利率
R_d	银行贷款利率
L	供应商借款额度
B	供应商自有资金
α	分期付款履约率
k	供应商的产品缺陷率
c_t	电商平台承担的退货成本
m	电商平台设置的补贴比例

本文的基本假设如下：

假设 1：供应商和电商平台均为风险中性。

假设 2：需求分布对于供应商、电商平台来说是公共信息，电商平台按需订购，供应商根据电商平台的订购量以及市场需求安排生产，供应商承担库存风险。供应商和电商平台期初库存为 0。

假设 3：未售出的产品残值为 0。

假设 4：电商平台售出单位产品的成本为 0。

假设 5：供应商提供的产品为同一批次，若存在缺陷则该批次产品全部为有缺陷产品，会被消费者全部退回，退回产品除退货成本外不存在其他费用，缺陷产品的退货成本由电商平台支付，退回后的产品供应商无法进行回收利用，残值为 0。

假设 6：分期付款购买的产品多为价格中高的消费品，每个消费者的购买数量均为 1 个单位。

假设 7：融资市场处于充分竞争状态，银行的利率根据融资的盈亏平衡设置。

假设 8：假设分期付款存在利息，消费者对利息有一定的效用折扣。

下面在满足上述假设的前提下进行模型的构建与分析。

4. 模型构建与分析

4.1. 消费者效用函数模型构建

本文的消费者效用函数建立如下：

依据消费者的付款方式，将消费者分为：消费者有一次性付款和分期付款两种行为，采用效用函数来刻画消费者行为。用 v 表示不同付款方式下顾客的保留效用，假定 v 服从[0, 1]的均匀分布，其中 $\lambda > 0$ 表示消费者的单位价格敏感系数。假设同等条件下顾客更偏向于一次性付款，ϑ 表示由于分期付款模式导致的效用折扣系数[26]。β 表示加上分期服务费后的价格系数($1 \le \beta \le 2$)。

下面依次给给出消费者的效用函数，其中一次性付款的消费者效用为消费者的基础效用和价格产生的感知损失，一次性付款的效用函数为：

$$U_1 = v - \lambda p$$

借鉴李怡娜等[23]研究，分期付款的消费者效用为折扣后的基础效用和价格产生的感知损失的组合，分期付款的效用函数为：

$$U_2 = \vartheta v - \lambda \beta p$$

消费者购买产品一次性付款的条件：$U_1 \ge 0$ 且 $U_1 > U_2$

消费者购买产品分期付款的条件：$U_2 \ge 0$ 且 $U_2 > U_1$

一次性付款和分期付款两者的无差别点：

$$v = \frac{\lambda p - \lambda \beta p}{1 - \theta}$$

假设市场规模为 1，一次性付款的市场需求为：

$$D_1 = \int_v^1 f(x)\mathrm{d}x = 1 - \frac{\lambda p - \lambda \beta p}{1 - \theta} \tag{1}$$

分期付款的市场需求为：

$$D_2 = \int_{\frac{\lambda \beta p}{\theta}}^{v} f(x)\mathrm{d}x = \frac{\lambda p - \lambda \beta p}{1 - \theta} - \frac{\lambda \beta p}{\theta} \tag{2}$$

市场总需求 $D = D_1 + D_2$。

4.2. 银行的期望收益模型

在银行直接融资模式中，若供应商接受信贷合同，向银行借款资金 L 进行融资，供应商融资之后要保证自身的资金为正，即 $L \ge cD - B$ 。此时，当供应商的产品没有缺陷时，其获得的现金流为：$(B+L-cD)(1+R_f)+w(D_1+\alpha D_2)$，当供应商的产品存在缺陷时，其获得的现金流为：$(B+L-cD)(1+R_f)$。

假设供应链中各参与方都是风险中性的，市场处于充分竞争状态，在进行决策时各主体都是追求自身利润的最大化，缺陷产品的残值为 0，退货成本由电商平台负担[27]。

在模型的建立过程中，考虑产品的退货情况。供应商提供的有缺陷产品将全部退货，供应商取得的收入为 0，对于无缺陷产品，由于分期付款时客户存在违约情况，设定其违约率为 α，此时供应商的收入为 $w(D_1+\alpha D_2)$，银行对供应商直接进行融资，分别建立期望收益模型，并利用逆向归纳法求解。

当融资市场处于充分竞争状态时，银行的利率根据融资的盈亏平衡设置，即银行投资供应商的预期收益等于无风险利率下的预期收益，因此，银行利率决策为：

$$
\begin{aligned}
(1+R_f)L = {} & \kappa \min\left[L(1+R_d),(B+L-cD)(1+R_f)+w(D_1+\alpha D_2)\right] \\
& +(1-\kappa)\min\left(L(1+R_d),(B+L-cD)(1+R_f)\right)
\end{aligned}
$$

在银行直接进行融资时，银行需要面对供应商的违约风险，供应商贷款额度 $L \ge 0$，可以得到银行的期望收益为：

$$
\begin{aligned}
\pi_b^{cl} = {} & \kappa \min\left[L(1+R_d),(B+L-cD)(1+R_f)+w(D_1+\alpha D_2)\right] \\
& +(1-\kappa)\min\left(L(1+R_d),(B+L-cD)(1+R_f)\right)-L(1+R_f)
\end{aligned}
\tag{3}
$$

引理 1：π_b^{cl} 与 R_d 正相关，即银行利润与银行利率正相关。证明如下：

1) 当 $L(1+R_d)<(B+L-cD)(1+R_f)<(B+L-cD)(1+R_f)+w(D_1+\alpha D_2)$ 时，

$$
\pi_b^{cl} = \kappa L(1+R_d)+(1-\kappa)L(1+R_d)-L(1+R_f)
$$

π_b^{cl} 对 R_d 求一阶导数可得：$\dfrac{\partial \pi_b^{cl}}{\partial R_d} = L > 0$

2) 当 $(B+L-cD)(1+R_f)<L(1+R_d)<(B+L-cD)(1+R_f)+w(D_1+\alpha D_2)$ 时

$$
\pi_b^{cl} = \kappa L(1+R_d)+(1-\kappa)(B+L-cD)(1+R_f)-L(1+R_f)
$$

π_b^{cl} 对 R_d 求一阶导数可得：$\dfrac{\partial \pi_b^{cl}}{\partial R_d} = kL > 0$

3) 当 $(B+L-cD)(1+R_f)+w(D_1+\alpha D_2)<L(1+R_d)$ 时，供应商生产全部无缺陷产品下的收入不能补偿贷款的机会成本，此时供应商不会融资，因此就不再讨论。

综上可知，π_b^{cl} 是关于 R_d 的递增函数。

命题 1：在融资市场充分竞争的状态下，银行需要根据供应商的资金状态进行制定利率。当供应商无资金约束时，市场均衡状态下的银行利率为无风险利率，当供应商存在资金约束时，银行利率大于无风险利率，银行最佳利率决策满足以下式子：

$$
R_d^* = \begin{cases} R_f, & B \ge cD \\ \dfrac{(1-k)(cD-B)(1+R_f)+kLR_f}{kL}, & B < cD \end{cases}
$$

证明：根据前文可知 π_b^{cl} 是关于 R_d 的递增函数。

当供应商自有资金充足时，即 $B \ge cD$ 时，令 $\pi_b^{cl}=0$，即 $\pi_b^{cl}=L\left(1+R_d\right)-L\left(1+R_f\right)$，可得 $R_d^*=R_f$。又因为 π_b^{cl} 关于 R_d 严格递增，所以 $R_d=R_f$ 是 $\pi_b^{cl}=0$ 的唯一解。即在供应商自有资金充足的情况下，其借款利率为无风险利率，否则供应商不会选择向银行贷款，而是使用自有资金进行生产。

当 $B<cD$，$R_d=R_f$ 时，银行利率决策为：

$$\pi_b^{cl}=\kappa L\left(1+R_d\right)+\left(1-\kappa\right)\left(B+L-cD\right)\left(1+R_f\right)-L\left(1+R_f\right)=\left(1-\kappa\right)\left(B-cD\right)\left(1+R_f\right)<0$$

由于 π_b^{cl} 关于 R_d 严格递增，因此存在一个唯一解，使得当 $R_d^*>R_f$ 时，$\pi_b^{cl}=0$，可以得到：

$$\pi_b^{cl}=\kappa L\left(R_d^*-R_f\right)+\left(1-\kappa\right)\left(B-cD\right)\left(1+R_f\right)=0$$

解得，当 $B<cD$ 时，银行最优贷款利率 $R_d^*=\dfrac{\left(1-k\right)\left(cD-B\right)\left(1+R_f\right)+kLR_f}{kL}$

综上所述，银行的经营决策由其制定的利率大小反映，为了实现自身利润的最大化，银行利率需要满足一定条件。

供应商的利润函数可以根据银行决策结果得出。在银行直接融资模式下，电商平台首先向供应商发出订货要约 $\left(w,D\right)$，若供应商接受要约，则其至少提供满足需求 D 产量的产品，若其自有资金不足，将向银行借贷资金 L，在需求实现后偿还。供应商生产产品无缺陷时，其获得全部的销售收入，当产品有缺陷时，供应商的收入为 0，因此供应商的期望利润为：

$$\pi_s^{cl}=\kappa\left[\left(B+L-cD\right)\left(1+R_f\right)+w(D_1+\alpha D_2)\right]+\left(1-\kappa\right)\left[\left(B+L-cD\right)\left(1+R_f\right)\right]-L\left(1+R_d\right) \tag{4}$$

引理 2：当供应商自有资金充足时，其最优借款数额为 0，当供应商存在资金约束时，其最优贷款数额为 $cD-B$，即供应商的最优贷款策略为：

$$L^*=\begin{cases}0, & B\ge cD\\ cD-B, & B<cD\end{cases}$$

证明：供应商生产过程中，必须保证充足的资金来满足生产活动的需要。另外供应商需要在银行提供具有竞争性贷款利率的基础上进行决策，因此，可以得到供应商的贷款额度决策为：

当 $B\ge cD$ 时，$R_d=R_f$，此时供应商的期望收益函数为：

$$\pi_s^{cl}=\left(B-cD\right)\left(1+R_f\right)+kw\left(D_1+\alpha D_2\right) \tag{5}$$

π_s^{cl} 对 L 求导可得：

$$\frac{\partial \pi_s^{cl}}{\partial L}=0$$

当供应商不存在资金约束时，供应商期望利润 π_s^{cl} 与贷款量 L 相互独立，即供应商可以选择利用自有资金进行生产，因为 $R_d=R_f$，此时损失的机会成本等于银行贷款利息。

当 $B<cD$ 时，π_s^{cl} 关于 R_d 严格递增，此时 π_s^{cl} 关于 L 的一阶导数为：

$$\frac{\partial \pi_s^{cl}}{\partial L}=\frac{\partial \pi_s^{cl}}{\partial L}+\frac{\partial \pi_s^{cl}}{\partial R_d}*\frac{\partial R_d}{\partial L}$$

代入 π_s^{cl} 计算公式求得：

$$\frac{\partial \pi_s^{cl}}{\partial L}=0$$

供应商存在资金约束时，需向银行借款，借款额度满足 $L \ge cD - B$。若供应商借贷款项 $L > cD - B$，多余款项 $L - cD + B$ 将存入银行，获得无风险利率水平下的收益 $(L - cD + B)R_f$，此时供应商付出的成本为 $(L - cD + B)R_d$，由于机会成本 $(L - cD + B)R_d > (L - cD + B)R_f$，供应商在决策时不会借贷超过生产需要的资金，因此最佳贷款量为 $L^* = cD - B$。

4.3. 电商平台的期望收益模型

4.3.1. 电商最优决策

电商平台做出订货决策后，在二级市场进行产品销售，若产品有缺陷，电商平台承担退货成本，若产品无缺陷，电商平台获得全部销售收入，电商平台的决策为：

$$\pi_r^{cl} = k(p - w)(D_1 + \alpha D_2) - (1 - k)c_t D$$

在实际生活中，为确保供应商参与合约，电商平台往往将一定比例的生产成本作为激励分享给供应商，即给予供应商 mcD 比例的补贴。

1) 当 $B \ge cD$ 时，$R_d^* = R_f$，$L = 0$，供应商的期望利润为:

$$\begin{aligned}\pi_s^{cl} &= \kappa\left[(B + L - cD)(1 + R_f) + w(D_1 + \alpha D_2)\right] + (1 - \kappa)\left[(B + L - cD)(1 + R_f)\right] - L(1 + R_d) \\ &= (B - cD)(1 + R_f) + kw(D_1 + \alpha D_2)\end{aligned} \tag{6}$$

此时供应商的参与约束：

$$\pi_s^{cl} \ge B(1 + R_f) + mcD$$

可以解得：

$$w_1 = \frac{mcD + cD(1 + R_f)}{k(D_1 + \alpha D_2)}$$

将 $w_1 = \dfrac{mcD + cD(1 + R_f)}{k(D_1 + \alpha D_2)}$ 带入 π_r^{cl} 得到：

$$\pi_r^{cl} = k\left(p - \frac{mcD + cD(1 + R_f)}{k(D_1 + \alpha D_2)}\right)(D_1 + \alpha D_2) - (1 - k)c_t D$$

由 D_1、D_2 公式得：

$$\frac{\partial \pi_r^{cl}}{\partial p} = k + 2kp\left(\frac{\lambda\beta - \lambda}{1 - \theta} + \alpha\left(\frac{\lambda - \lambda\beta}{1 - \theta} - \frac{\lambda\beta}{\theta}\right)\right) + \frac{\lambda\beta}{\theta}\left(mc + c(1 + R_f) + (1 - k)c_t\right)$$

$$\frac{\partial^2 \pi_r^{cl}}{\partial p^2} = \frac{2k\lambda(\theta\alpha + \theta\beta - \theta - \alpha\beta)}{\theta(1 - \theta)}$$

注意到当 $\dfrac{\theta(\beta - 1)}{\beta - \theta} < \alpha < 1$ 时，有 $\dfrac{\partial^2 \pi_r^{cl}}{\partial p^2} < 0$，此时 π_r^{cl} 是关于 p 的凹函数，假设其在 p_1 点取得最大值。令 $\dfrac{\partial \pi_r^{cl}}{\partial p} = 0$，可得电商平台最优销售价格决策为：

$$p_1 = \frac{k\theta(1 - \theta) + \lambda\beta(1 - \theta)\left(mc + c(1 + R_f) + (1 - k)c_t\right)}{2k\lambda(\theta + \alpha\beta - \theta\alpha - \theta\beta)}$$

$$D = D_1 + D_2 = 1 - \frac{\lambda\beta}{\theta} p'$$

$$w_1 = \frac{c(\theta - \lambda\beta p)(m + 1 + R_f)(1-\theta)}{k(\theta(1-\theta) - \lambda p(\theta + \alpha\beta - \theta\alpha - \theta\beta))}$$

当供应商无资金约束时，$R_d = R_f$，供应商的贷款量 $L = 0$，根据供应商的参与约束，电商平台可以设定最优批发价格 w_1 和最优销售价格 p_1。在分期付款方式下存在着一定的违约率，因此要想实现利润最大化必须对违约率 α 进行约束，违约率过大会使得供应链价值创造为负，所以在满足 $\frac{\theta(\beta-1)}{\beta-\theta} < \alpha < 1$ 时，供应链中电商平台可以实现利润最大化的价格为 p_1，决策的最优批发价格为 w_1。

2) 当 $B < cD$ 时，$L = cD - B$，因此 $R_d^* = \frac{(1-k)(cD-B)(1+R_f) + kLR_f}{kL} = \frac{1-k+R_f}{k}$，此时供应商的期望利润：

$$\begin{aligned}\pi_s^{cl} &= \kappa\left[(B + L - cD)(1+R_f) + w(D_1 + \alpha D_2)\right] + (1-\kappa)\left[(B + L - cD)(1+R_f)\right] - L(1+R_d) \\ &= kw(D_1 + \alpha D_2) - (cD - B)(1+R_d)\end{aligned}$$

此时可得电商平台最佳销售价格决策为：

$$\begin{aligned}p_2 &= \frac{k\theta(1-\theta) + \lambda\beta(1-\theta)(mc + c(1+R_d) + (1-k)c_t)}{2k\lambda(\theta + \alpha\beta - \theta\alpha - \theta\beta)} \\ &= \frac{(1-\theta)\left(k^2\theta + \lambda\beta\left(kmc + c(1+R_f) + k(1-k)c_t\right)\right)}{2k^2\lambda(\theta + \alpha\beta - \theta\alpha - \theta\beta)}\end{aligned}$$

$$w_2 = \frac{c(\theta - \lambda\beta p)(km + 1 + R_f)(1-\theta)}{k^2(\theta(1-\theta) - \lambda p(\theta + \alpha\beta - \theta\alpha - \theta\beta))}$$

证明同 $B \ge cD$ 时。

当 $\frac{\theta(\beta-1)}{\beta-\theta} < \alpha < 1$ 时，电商平台有最优销售价格和最优批发价价格：

$$p^* = \begin{cases}\frac{(1-\theta)\left(k\theta + \lambda\beta\left(mc + c(1+R_f) + (1-k)c_t\right)\right)}{2k\lambda(\theta + \alpha\beta - \theta\alpha - \theta\beta)}, & B \ge cD \\ \frac{(1-\theta)\left(k^2\theta + \lambda\beta\left(kmc + c(1+R_f) + k(1-k)c_t\right)\right)}{2k^2\lambda(\theta + \alpha\beta - \theta\alpha - \theta\beta)}, & B < cD\end{cases}$$

$$w^* = \begin{cases}\frac{c(\theta - \lambda\beta p)(m + 1 + R_f)(1-\theta)}{k(\theta(1-\theta) - \lambda p(\theta + \alpha\beta - \theta\alpha - \theta\beta))}, & B \ge cD \\ \frac{c(\theta - \lambda\beta p)(km + 1 + R_f)(1-\theta)}{k^2(\theta(1-\theta) - \lambda p(\theta + \alpha\beta - \theta\alpha - \theta\beta))}, & B < cD\end{cases}$$

命题 2：由上述分析可知，供应商存在资金约束时的最优销售价格 p^* 和最优批发价格 w^* 均大于无资金约束时。若 $R_f = R_d$，则 $p_1 = p_2$，$w_1 = w_2$，这意味着当银行利率等于无风险利率时，供应商无论是否存在资金约束，电商平台的最优决策是一定的；若 $R_f \ne R_d$，即银行利率不等于无风险利率时，这时银行利率高于无风险利率，这种情况下电商平台的最优决策不同，进而会导致不同的期望收益。

综上所述，我们得出以下结论：在银行直接融资模式下，供应商无资金约束时银行的贷款利率等于无风险利率，供应商存在资金约束时银行贷款利率大于无风险利率；供应商在进行贷款额度决策时，在无资金约束时选择不贷款，在存在资金约束时会选择 $cD-B$ 的贷款额度；电商平台在进行销售价格和批发价格决策时，在无资金约束情况下选择无风险利率，得到的最优决策为 (p_1,w_1)，有资金约束情况下的选择银行贷款利率，得到的最优决策为 (p_2,w_2)。在 $B\ge cD$ 和 $B<cD$ 时，电商平台的最优销售价格和最优批发价格决策函数是一致的，即 $B\ge cD$ 和 $B<cD$ 时最主要的不同在于供应商的利润结构不同，适用的利率不同。利率影响了供应商的融资模式，进而决定了电商平台的最优决策，因此在供应商选择融资模式时，应当综合考虑利率对于电商平台最优价格决策的影响，从而做出最有利的决策。

4.3.2. 消费金融对电商最优决策的影响分析

定理 1：当分期付款违约率 α 满足一定条件时，最优零售价格 p^* 关于分期服务费价格系数 β 递增。最优批发价格 w^* 关于分期服务费价格系数 β 递减。

$$\frac{\partial p_1}{\partial\beta}=\frac{(1-\theta)\left(\lambda\left(mc-c\left(1+R_f\right)+(1-k)c_t\right)(\theta+\alpha\beta-\theta\alpha-\theta\beta)-k\theta-\lambda\beta\lambda\left(mc-c\left(1+R_f\right)+(1-k)c_t\right)(\alpha-\theta)\right)}{2k\lambda(\theta+\alpha\beta-\theta\alpha-\theta\beta)^2}$$

当分期付款违约率 $\alpha<1-\dfrac{k}{\lambda\left(mc+c\left(1+R_f\right)+(1-k)c_t\right)}$ 时，$\dfrac{\partial p_1}{\partial\beta}>0$，即无资金约束下的最优零售价格 p_1 关于分期服务费价格系数 β 递增。

$$\frac{\partial p_2}{\partial\beta}=\frac{(1-\theta)\left(\lambda\left(mc-c\left(1+R_d\right)+(1-k)c_t\right)(\theta+\alpha\beta-\theta\alpha-\theta\beta)-k\theta-\lambda\beta\lambda\left(mc-c\left(1+R_d\right)+(1-k)c_t\right)(\alpha-\theta)\right)}{2k\lambda(\theta+\alpha\beta-\theta\alpha-\theta\beta)^2}$$

当分期付款违约率 $\alpha<1-\dfrac{k^2}{\lambda\left(kmc+c\left(1+R_f\right)+k(1-k)c_t\right)}$ 时，$\dfrac{\partial p_1}{\partial\beta}>0$，即无资金约束下的最优零售价格 p_2 关于分期服务费价格系数 β 递增

由于 $1-\dfrac{k}{\lambda\left(mc+c\left(1+R_f\right)+(1-k)c_t\right)}<1-\dfrac{k^2}{\lambda\left(kmc+c\left(1+R_f\right)+k(1-k)c_t\right)}$，因此，当分期付款违约率 $\alpha<1-\dfrac{k}{\lambda\left(mc+c\left(1+R_f\right)+(1-k)c_t\right)}$ 时，有无资金约束下的最优零售价格 p^* 关于 p^* 递增。

$$\frac{\partial w_1}{\partial\beta}=\frac{-k\lambda pc\left(m+1+R_f\right)(1-\theta)\theta(1-\alpha)(1-\lambda p)}{\left(k\left(\theta(1-\theta)-\lambda p(\theta+\alpha\beta-\theta\alpha-\theta\beta)\right)\right)^2}<0$$

由于 $\dfrac{\partial w_1}{\partial\beta}<0$，所以无资金约束下的最优批发价格 w_1 关于分期服务费价格系数 β 递减。

同理可得，$\dfrac{\partial w_2}{\partial\beta}<0$，存在资金约束下的最优批发价格 w_2 关于分期服务费价格系数 β 递减。

定理 2：当分期付款违约率 α 满足一定条件时，最优零售价格 p^* 关于分期付款效用折扣 θ 递增。最优批发价格 w^* 关于分期付款效用折扣 θ 递减。

证明：

$$\frac{\partial p_1}{\partial\theta}=\frac{k(1-2\theta)-\lambda\beta\left(mc-c\left(1+R_f\right)+(1-k)c_t\right)(\theta+\alpha\beta-\theta\alpha-\theta\beta)-(1-\theta)\left(k\theta+\lambda\beta\left(mc-c\left(1+R_f\right)+(1-k)c_t\right)(1-\alpha-\beta)\right)}{2k\lambda(\theta+\alpha\beta-\theta\alpha-\theta\beta)^2}$$

当 $\frac{2k\theta+\lambda\beta\left(mc-c\left(1+R_f\right)+\left(1-k\right)c_t\right)-k}{\left(1-\theta\right)\left(k\theta+\lambda\beta\left(mc-c\left(1+R_f\right)+\left(1-k\right)c_t\right)\right)}-\beta+1<\alpha<1$ 时，$\frac{\partial p_1}{\partial\theta}>0$，即无资金约束下的最优零售价格 p_1 关于分期付款效用折扣 θ 递增。

$$\frac{\partial p_2}{\partial\theta}=\frac{k\left(1-2\theta\right)-\lambda\beta\left(mc-c\left(1+R_d\right)+\left(1-k\right)c_t\right)\left(\theta+\alpha\beta-\theta\alpha-\theta\beta\right)-\left(1-\theta\right)\left(k\theta+\lambda\beta\left(mc-c\left(1+R_d\right)+\left(1-k\right)c_t\right)\left(1-\alpha-\beta\right)\right)}{2k\lambda\left(\theta+\alpha\beta-\theta\alpha-\theta\beta\right)^2}$$

$$=\frac{k^2\left(1-2\theta\right)-\lambda\beta\left(kmc-c\left(1+R_f\right)+k\left(1-k\right)c_t\right)\left(\theta+\alpha\beta-\theta\alpha-\theta\beta\right)-\left(1-\theta\right)\left(k^2\theta+\lambda\beta\left(kmc-c\left(1+R_f\right)+k\left(1-k\right)c_t\right)\left(1-\alpha-\beta\right)\right)}{2k^2\lambda\left(\theta+\alpha\beta-\theta\alpha-\theta\beta\right)^2}$$

当 $\frac{2k^2\theta+\lambda\beta\left(kmc-c\left(1+R_f\right)+k\left(1-k\right)c_t\right)-k^2}{\left(1-\theta\right)\left(k^2\theta+\lambda\beta\left(kmc-c\left(1+R_f\right)+k\left(1-k\right)c_t\right)\right)}-\beta+1<\alpha<1$ 时，$\frac{\partial p_2}{\partial\theta}>0$，即存在资金约束下的最优零售价格 p_2 关于分期付款效用折扣 θ 递增。

同理，当 $\frac{\left(1-2\theta-\lambda\beta p\right)\left(\theta\left(1-\theta\right)-\lambda p\lambda p\left(\theta+\alpha\beta-\theta\alpha-\theta\beta\right)\right)+\left(2\theta-1\right)\left(1-\theta\right)\left(\lambda\beta p-\theta\right)}{\lambda p\left(1-\theta\right)\left(\lambda\beta p-\theta\right)}-\beta+1<\alpha<1$ 时，所以无资金约束下的最优批发价格 w_1 关于分期服务费价格系数 β 递减。同理可得，存在资金约束下的最优批发价格 w_2 关于分期服务费价格系数 β 递减。

由定理 1 和定理 2 可知，在银行直接融资模式下，当分期付款违约率在一定范围时，由于分期付款方式的存在会使得零售价格的上升、批发价格下降，增大电商平台的利润空间。这是因为，在假设零售商不存在市场竞争压力的前提下，虽然提高零售价格会降低市场销量，但整体零售价格提高和批发价格的下降带来的收益会超过这部分损失，因此会进一步刺激零售价格的增加和批发价格的降低。白世贞等也通过模型构建发现在免息期内，分期付款方式会增加订购量[28]，从而增加供应链整体利润。可以看出，分期付款方式在一定程度上有利于增加电商平台的整体利润，降低供应商在供应链中的利润分配比例。

5. 算例分析

基于消费者效用理论，运用消费者效用函数构建电商平台作为主导者的三级供应链系统的博弈模型，分析了银行、供应商、电商平台三个主体的最优策略，分别是银行的最优利率决策 R_d^*，供应商的最优贷款量决策 L，电商平台最优零售价格 p^* 和最优批发价格 w^*，本节将利用 MATLAB 工具对各参数进行仿真分析。结合前文假设条件与生活实际，参考相关文献，设置实验参数如下[29]：

电商平台和供应商的初始库存水平为 0，单位生产成本 $c=0.3$，电商平台的单位退货成本为 $c_t=0.03$，供应商的参与激励 $m=0.06$，无风险利率为 $R_f=0.06$，下面对模型进一步分析。

5.1. 缺陷率对经营决策的影响

在银行融资情况下，供应商无资金约束时，供应链各方博弈后结果为：贷款利率为 $R_f=0.06$，供应商的贷款额度为 0，零售商的确定的零售价以及批发价受到无缺陷率 k 的影响，为更好地阐述结果，这里将讨论缺陷率 $1-k$ 与最优价格之间的关系，结果见图 2。最优零售价格和最优批发价格均最高时，对应的缺陷率最小。由图 2 可知，当 $1-k$ 大于 0.06 时，最优零售价格下降，但下降的幅度会变小，最优批发价格下降幅度大于上升的幅度。供应商提供高质量的产品有利于获得较高的批发价，当缺陷率超过一定范围后，最优批发价格呈现出更加快速的下降趋势。有资金约束情形与无资金约束下时变化趋势相同，这里不加以赘述。

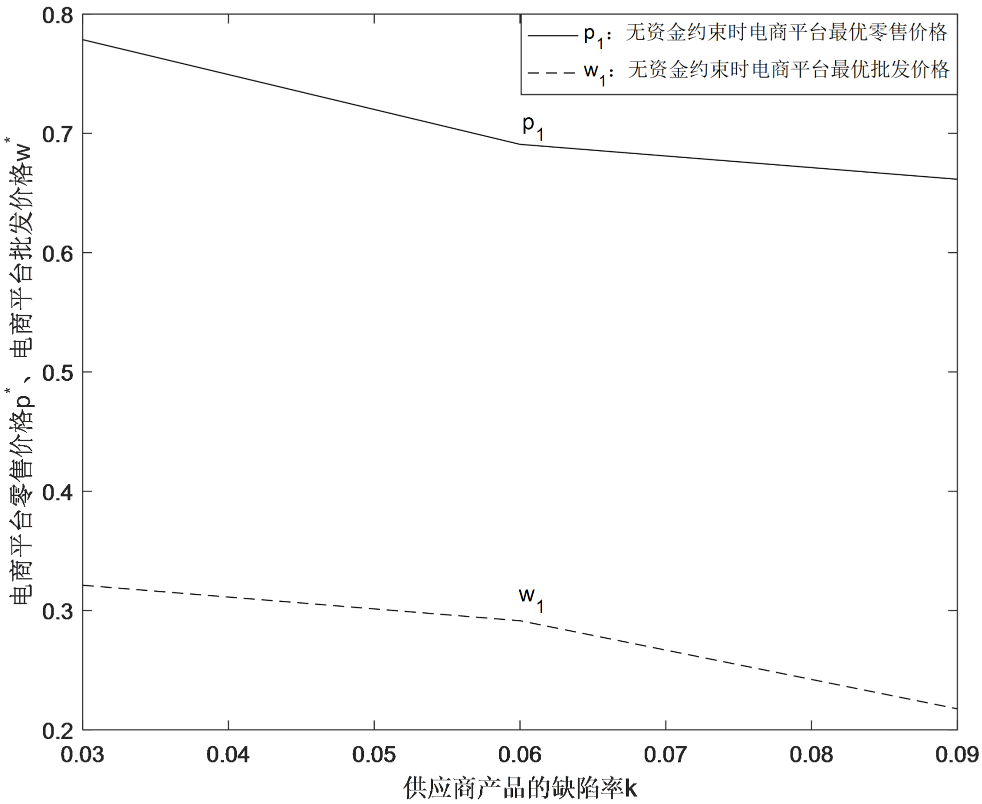

Figure 2. $1-k$ vs p^* and w^*
图 2. $1-k$ 与 p^* 和 w^* 关系图

5.2. 分期付款履约率对经营决策的影响

给定缺陷率 $k=0.04$，电商平台的最优零售价格关于分期付款履约率的敏感系数为 1.47，履约率 α 与最优零售价格 p^* 关系见图 3。最优零售价格随着分期付款履约率的增加而减小，当消费者的履约率较高时，电商平台会获得较高的利润，从而有下调零售价格刺激消费需求的动机。这也反映产品在一定的质量水平下，消费者履约水平越高，均衡零售价格越低。

5.3. 银行利率对经营决策的影响

贷款利率是银行对贷款违约风险的补偿，在无资金约束时，银行决策的利率为 R_f，在一定销售水平下，电商平台的最优决策变量 p_1 和 w_1 不变；存在资金约束时，银行决策的利率为 R_d。银行利率与最优批发价格关系见图 4，当供应商存在资金约束时，银行利率与最优价格之间的关系见图 5。由前文可知，$R_d > R_f$，由于银行制定了较高的利率水平，供应商的成本在增加，电商平台为使供应商参与，必须相应增加最优批发价格 w_2，此时最优批发价格 w_2 随着 R_d 的增大而增大，如图 4 所示。由于 R_d 首先影响供应商的利润水平，再通过参与约束，反映到最终的最优零售价格 p 的确定中，由图 5 可知，最优批发价格 w_2 关于 R_d 的敏感系数大于最优零售价格 p_2 关于 R_d 的敏感系数。

5.4. 分期服务费价格系数 β 对经营决策的影响

分期付款的顾客所支付的产品总价为 βp，β 表示加上分期服务费之后的价格系数，增加的服务费会降低顾客的效用，影响市场需求。分期服务价格系数与最优零售价格、最优批发价格关系见图 6、图 7、图 8。

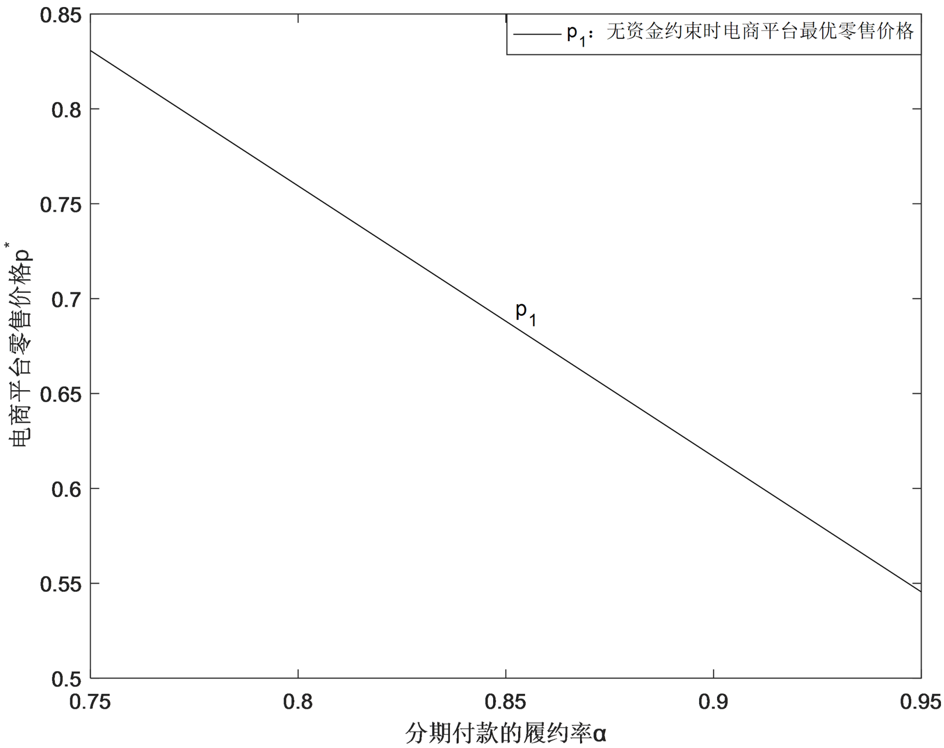

Figure 3. The relationship between α and p^*

图 3. α 与 p^* 关系图

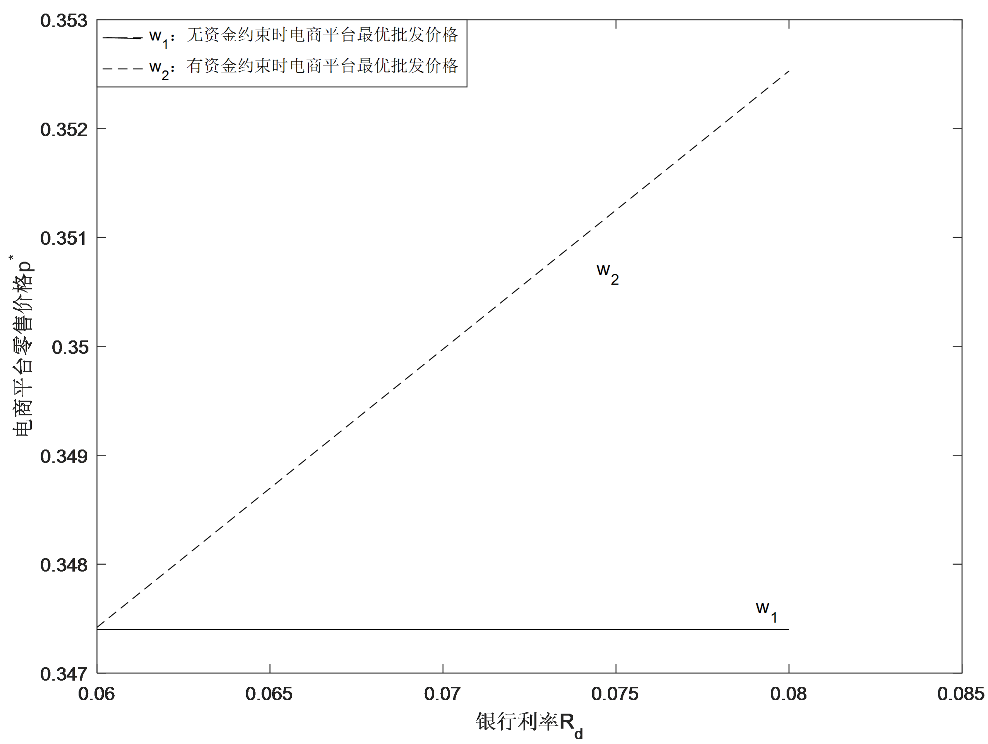

Figure 4. The relationship between R_d and w^*

图 4. R_d 与 w^* 关系图

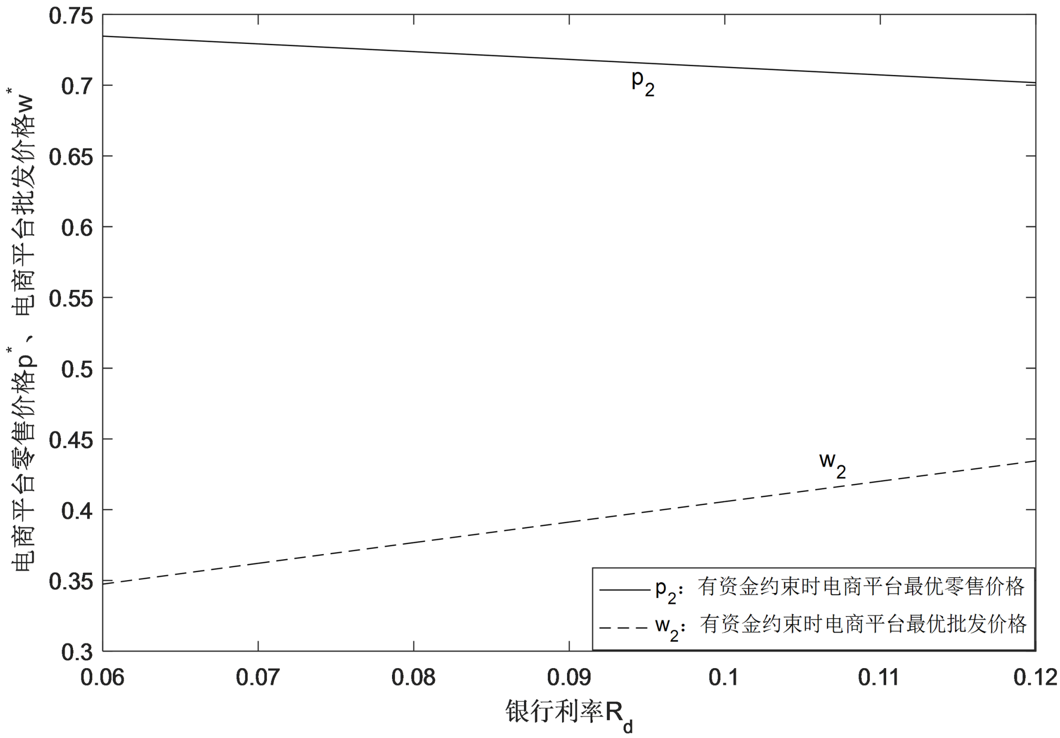

Figure 5. R_d vs. p^* and w^*

图 5. R_d 与 p^* 和 w^* 关系图

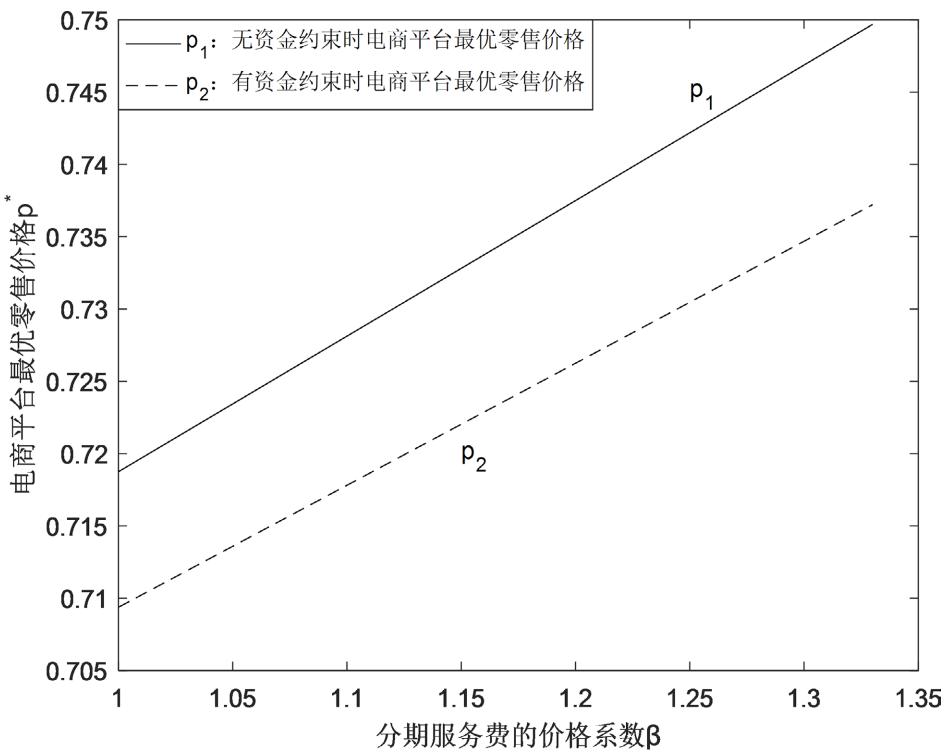

Figure 6. The relationship between β and p^*

图 6. β 与 p^* 关系图

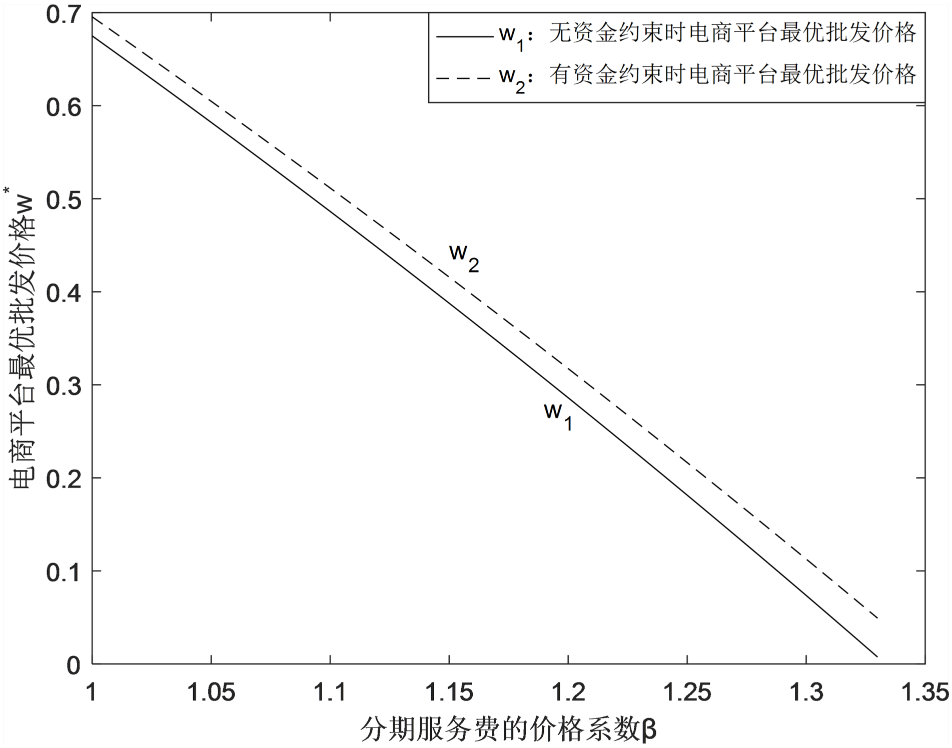

Figure 7. The relationship between β and w^*

图 7. β 与 w^* 关系图

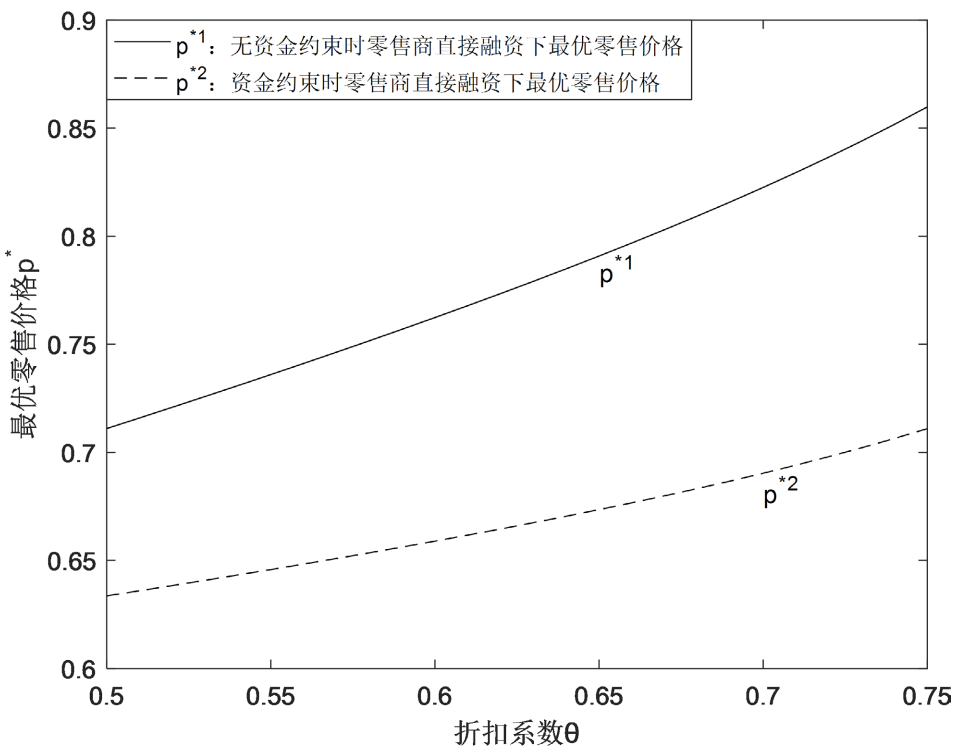

Figure 8. The relationship between θ and p^*

图 8. θ 与 p^* 关系图

由图 7 可知，当 β 增至 1.3 时，此时最优批发价格趋于 0，因此 β 的取值为[1, 1.3]。不论有无资金约束，电商平台的最优零售价格 p^* 随着分期服务费价格系数 β 的增大而增大，供应商的最优批发价格 w^* 随着服务费价格系数 β 的增大而减小。就敏感系数而言，有资金约束下敏感系数均大于无资金约束情形。这是因为如果消费者对于分期服务费过于敏感会影响市场需求，电商平台会相应增加零售价格和下调批发价格的方式避免利润大幅下降。

5.5. 分期付款效用折扣 θ 对经营决策的影响

分期付款效用折扣 θ 是由于顾客多付出了利息而带来的效用的减少。效用折扣与最优零售价格关系见图 8，由图 8 可知，随着折扣系数 θ 的增大，最优零售价格 p^* 随着分期付款效用折扣 θ 不断增加，无资金约束时的最优零售价格和有资金约束时同步变化，这说明顾客的效用折扣系数越大，最优零售价格越大。效用折扣与最优批发价格关系见图 9，由图 9 可知，最优批发价格 w^* 随着折扣系数 θ 的增大而减小，敏感系数也在增加，有无资金约束两种情形下的最优批发价格 w^* 变化趋势相同，且不断趋同。分期付款效用折扣越大会导致分期付款方式下的市场需求降低，电商平台作为主导型企业会通过提高零售价格和降低批发价格的方式维持自身利润的平衡，在加入分期付款方式后，可以发现这种电商平台主导的供应链模式中，零售商的利润分配占比增大，供应商的利润分配占比在减小。

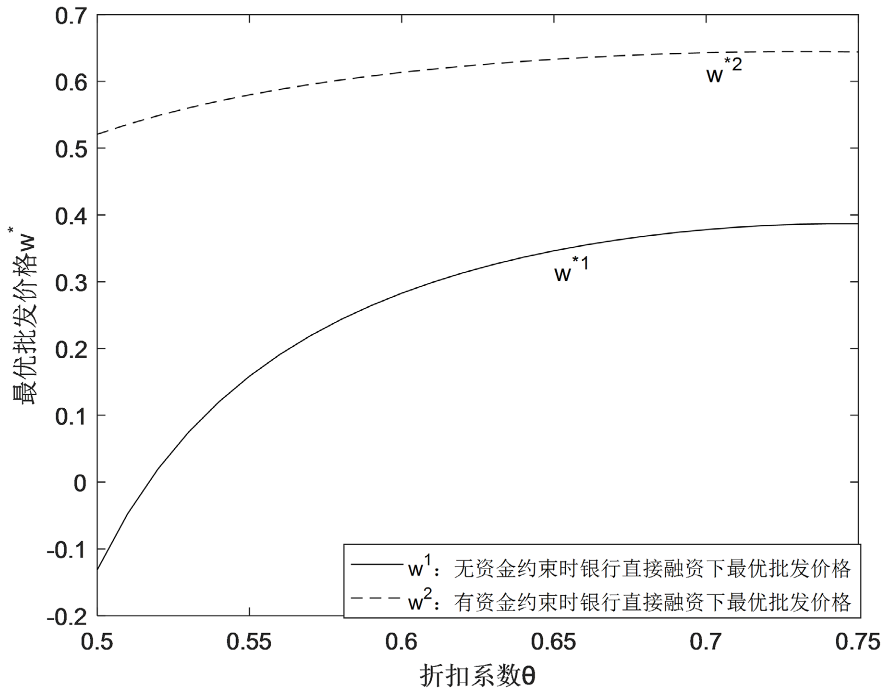

Figure 9. The relationship between θ and w^*

图 9. θ 与 w^* 关系图

6. 结论

本文考虑不同支付方式下的消费者行为，研究了电商平台主导下的各网络销售主体的最佳决策问题。首先建立消费者效用模型来描述分期付款的消费者需求，得到市场的需求函数，随后针对供应链中的各个主体构建博弈模型，分析得到银行的最佳利率决策、供应商的最佳贷款数额决策以及电商平台的最佳零售价格和批发价格决策。结果发现：在无资金约束时，银行的最优利率决策为 $R_d = R_f$，供应商的贷款

额度为 0，存在资金约束时，银行的最优利率决策为 $R_d > R_f$，供应商的最优贷款数额为 $cD - B$，无论是否存在资金约束，当 $R_d = R_f$ 时，电商平台的最优决策不变。最后通过算例分析得到了不同参数关于最佳决策变量的敏感性分析，发现最佳零售价格和最佳批发价格与缺陷率反向变动，且最优零售价格敏感系数随着缺陷率的增加先大后小，最优批发价格敏感系数随着缺陷率的增大先小后大；顾客分期付款履约率与最佳零售价格反向变化；存在资金约束时最优批发价格 w^* 随着 R_d 的增大而增大，且最优批发价格 w^* 关于 R_d 的敏感系数大于最优零售价格 p^* 关于 R_d 的敏感系数。随着分期服务费的价格系数 β 和分期付款效用折扣系数 θ 的增加，最优零售价格 p^* 增加，最优批发价格 w^* 减小。

本文假设融资方式为银行直接融资，在实际生活中，存在电商平台作为融资主体，依据其掌握的信息对平台内供应商进行融资，或是与银行合作，利用已有信息对平台内供应商提供担保融资，因此，本文的进一步研究方向是结合实际探寻更多融资方式下的各主体最优决策。

基金项目

上海市哲学社会科学规划课题项目(2017BGL014)；国家自然科学基金重点项目(71832001)；中央高校基本科研业务费专项资金项目(2232020B-04; 2232018H-07)。

参考文献

[1] Alessio, R., Antonella, M. and Federico, C. (2021) A Decision Framework for Inventory- and Equipment-Based Supply Chain Finance Solutions. *Journal of Purchasing and Supply Management*, **27**, Article ID: 100712. https://doi.org/10.1016/j.pursup.2021.100712

[2] Niu, B.Z., Zeng, F.Z. and Liu, Y.Q. (2021) Firms' Introduction of Internet-Based Installment: Incremental Demand vs. Cash Opportunity Cost. *Transportation Research Part E*, **152**, Article ID: 102277. https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102277

[3] Moretto, A., Grassi, L., Caniato, F., *et al*. (2019) Supply Chain Finance: From Traditional to Supply Chain Credit Rating. *Journal of Purchasing and Supply Management*, **25**, 197-217. https://doi.org/10.1016/j.pursup.2018.06.004

[4] Abdel-Basset, M., Mohamed, R., Sallam, K. and Elhoseny, M. (2020) A Novel Decision-Making Model for Sustainable Supply Chain Finance under Uncertainty Environment. *Journal of Cleaner Production*, **269**, Article ID: 122324. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122324

[5] Michela, G., Maria, M.A. and Francesco, A.C.F. (2021) How to Select a Supply Chain Finance Solution? *Journal of Purchasing and Supply Management*, **27**, Article ID: 100701. https://doi.org/10.1016/j.pursup.2021.100701

[6] Giovanna, L.N., Giovanni, F. and Lorenzo, A. (2021) Supply Chain Finance: The Role of Credit Rating and Retailer Effort on Optimal Contracts. *International Journal of Production Economics*, **240**, Article ID: 108235. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108235

[7] Lai, G.M., Debo, L.G. and Sycara, K. (2008) Sharing Inventory Risk in Supply Chain: The Implication of Financial Constraint. *Omega*, **37**, 811-825. https://doi.org/10.1016/j.omega.2008.06.003

[8] Oussama, K., Tarik, A., Tarik, Z. and Meriem, D. (2021) Dynamic Lot-Sizing with Short-Term Financing and External Deposits for A Capital-Constrained Manufacturer. *International Journal of Production Economics*, **242**, Article ID: 108281. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108281

[9] Chen, M.J. and Matousek, R. (2019) Do Productive Firms Get External Finance? Evidence from Chinese Listed Manufacturing Firms. *International Review of Financial Analysis*, **67**, Article ID: 101422. https://doi.org/10.1016/j.irfa.2019.101422

[10] Karpavičius, S. and Yu, F. (2019) External Growth Opportunities and a Firm's Financing Policy. *International Review of Economics and Finance*, **62**, 287-308. https://doi.org/10.1016/j.iref.2019.04.007

[11] Jiang, Z.-Z., Feng, G.Q. and Yi, Z.L. (2021) How Should a Capital-Constrained Servicizing Manufacturer Search for Financing? The Impact of Supply Chain Leadership. *Transportation Research Part E*, **145**, Article ID: 102162. https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102162

[12] Shi, J., Li, Q., Chu, L.K. and Shi, Y. (2021) Effects of Demand Uncertainty Reduction on the Selection of Financing Approach in a Capital-Constrained Supply Chain. *Transportation Research Part E*, **148**, Article ID: 102266. https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102266

[13] Luo, Y., Wei, Q., Ling, Q.H. and Huo, B.F. (2020) Optimal Decision in a Green Supply Chain: Bank Financing or

Supplier Financing. *Journal of Cleaner Production*, **271**, Article ID: 122090. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122090

[14] Tseng, M.-L., Wu, K.-J., Hu, J.Y. and Wang, C.-H. (2018) Decision-Making Model for Sustainable Supply Chain Finance under Uncertainties. *International Journal of Production Economics*, **205**, 30-36. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.024

[15] Lariviere, M.A. and Porteus, E.L. (2001) Selling to the Newsvendor: An Analysis of Price-Only Contracts. *Manufacturing & Service Operations Management*, **3**, 293-305. https://doi.org/10.1287/msom.3.4.293.9971

[16] Ghosh, D. and Shah, J. (2015) Supply Chain Analysis under Green Sensitive Consumer Demand and Cost Sharing Contract. *International Journal of Production Economics*, **164**, 319-329. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.005

[17] Xia, N. and Rajagopalan, S. (2009) Standard vs. Custom Products: Variety, Lead Time, and Price Competition. *Marketing Science*, **28**, 887. https://doi.org/10.1287/mksc.1080.0456

[18] 王建华，侯爱娇. 考虑消费者社会责任偏好的供应链策略研究[J]. 数学的实践与认识, 2021, 51(12): 42-54.

[19] 于晓辉，李敏，叶兆兴. 基于竞合博弈节能补贴对双渠道低碳供应链决策影响分析[J]. 模糊系统与数学，2021, 35(2): 153-166.

[20] Akçay, Y., Natarajan, H.P. and Xu, S.H. (2010) Joint Dynamic Pricing of Multiple Perishable Products under Consumer Choice. *Management Science*, **56**, 1345-1361. https://doi.org/10.1287/mnsc.1100.1178

[21] 纪雅杰，马德青，胡劲松. 供应商管理库存下基于消费者行为偏好的全渠道运营策略[J]. 中国管理科学，2021, 29(1): 82-96.

[22] 汤婷，徐海燕，张智超. 不同融资模式下线上双渠道供应链运营策略[J]. 中国管理科学, 2021, 2(1): 1-11.

[23] 经有国，王迪，秦开大，杨红娟. 卖方消费信贷下零售商与金融企业的成本共担契约[J]. 系统管理学报，2020, 29(5): 1011-1017.

[24] 陈中洁，于辉. 产能过剩下“京东白条”的供应链模型分析[J]. 系统科学与数学, 2019, 39(5): 773-789.

[25] 王迪，周永生. 卖方消费信贷下基于扩展报童模型的收益共享契约协调[J]. 价值工程, 2017, 36(26): 105-110.

[26] 李怡娜，陈冲. 基于顾客选择行为的提前期和价格响应模式[J]. 系统工程学报, 2016, 31(4): 460-470.

[27] 黄甫，宋华明，杨慧，张哲，吴佳伟，吕一帆. 考虑消费者退货的双渠道订货量决策研究[J]. 运筹与管理，2021, 30(4): 33-39.

[28] 白世贞，陶阳红，鄢章华. 信用支付下基于收益共享契约的网购供应链协调策略研究[J]. 运筹与管理，2019, 28(7): 44-54.

[29] 金伟，骆建文. 基于双边资金约束供应链的均衡组合融资策略[J]. 系统工程理论与实践, 2017, 37(6): 1441-1451.